

Aus der Poliklinik für Zahnheilkunde
(Direktor: Prof. Dr. Dr. W. Ketterl)
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

**Kunststoffversiegelung
der Fissuren an Molaren bei Osborne-Mendel-Ratten
KULZER-ESTISEAL-LC**

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnmedizin
der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz
dem Fachbereich Medizin vorgelegt

von

Hans-Jörg Ludwigs
aus Bremerhaven

Mainz 1981

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde
(Direktor: Prof. Dr. Dr. W. Ketterl)
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

**Kunststoffversiegelung
der Fissuren an Molaren bei Osborne-Mendel-Ratten
KULZER-ESTISEAL-LC**

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Würde des Doktors der Zahnmedizin
der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz
dem Fachbereich Medizin vorgelegt

von
Hans-Jörg Ludwigs
aus Bremerhaven

Mainz 1981

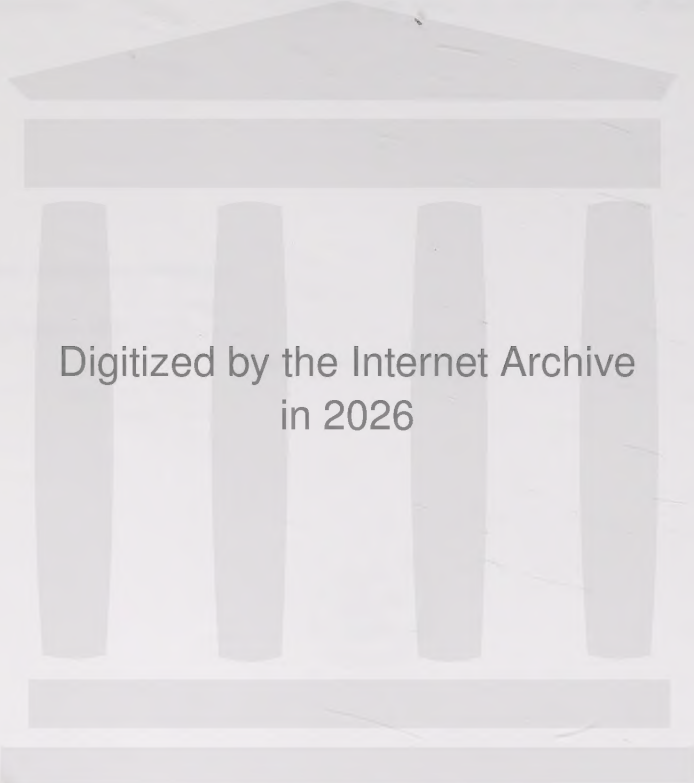
Dekan : Professor Dr. med. K.-H. Bäßler
1. Gutachter: Professor Dr. med. dent. F. Lampert
2. Gutachter: Professor Dr. med. Dr. med. dent. W. Ketterl

Tag der mündlichen Prüfung:

9. Dezember 1981



Meinen Eltern gewidmet



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554402_0023

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
I. Einleitung und Problemstellung	1 - 4
II. Das Material und die Verwendung	
2.1. Composites, Säureätztechnik	5 - 14
2.2. Fissurenversiegelung	14 - 23
2.3. Grenzen der Fissurenversiegelung	23 - 32
III. Eigene tierexperimentelle Untersuchungen	
3.1. Beschreibung der Tierart und des verwendeten Materials	33 - 34
3.2. Methodik der Versiegelung	34 - 35
IV. Auswertung der durchgeführten Versuche	
4.1. Herstellung der Schliffpräparate	36
4.2. Mikroskopische Untersuchungen	36 - 39
V. Allgemeine Auswertungen	
5.1. Ergebnisse	40 - 43
5.2. Statistische Auswertungen	44 - 48
5.3. Kontingenztafeln	49 - 54
VI. Diskussion	55 - 59
VII. Zusammenfassung	60 - 61
VIII. Literaturübersicht	62 - 70

1. Einleitung und Problemstellung

Die Zahnkaries und deren Folgen stellen eines der Hauptprobleme in der Zahnheilkunde dar. Obwohl sie als eine Krankheit klassifiziert wird und nahezu alle Menschen von ihr befallen werden, ist eine Heilung nicht möglich. Die Behandlung der Karies beruht auf der Füllungstherapie, d.h.: die kariös veränderte Substanz wird entfernt und der entstandene Defekt im Zahn wieder aufgefüllt. Die hierzu von Linderer (1848) angegebenen Maßnahmen sind im wesentlichen noch heute gültig. Erweitert und systematisiert veröffentlichte Black 1898 die Grundregeln zur Kavitätenpräparation.

1. Eröffnen und Freilegen des kariösen Herdes
2. Herstellen der präventiven Extensionsform
3. Schaffen der Widerstands- sowie Retentionsform
4. Bearbeitung der Schmelzränder
5. Abschließende Kontrolle der Kavität

Einige Autoren betonen aber, daß das Aufziehen von Kavitäten und die Versorgung mit klassischen Füllungsmaterialien (Amalgam, Zement, neuerdings Composites) auf die Dauer gesehen einen noch größeren Defekt verursacht. Was aber sollte man sonst tun? Um auf die Frage eine Ant-

wort zu finden, soll hier kurz auf die Probleme der Kariesätiologie, Entstehung und Prophylaxe hingewiesen werden. Die klassische Theorie der Kariesentstehung als "Chemisch parasitärer Prozeß" nach W.D. Miller (1889) ist im wesentlichen noch heute gültig.

1. Entkalkung bzw. Erweichung des Gewebes
2. Auflösung des erweichten Rückstandes

Millers etwas einseitig auf das Dentin bezogene Therapie wurde von Black und Williams verfeinert. Sie erkannten die Bedeutung der Plaques bei der Kariesätiologie. Beide behaupten, daß die Rückhaltung der durch Kohlehydratabbau gebildeten Säuren an der Schmelzoberfläche unter den gegen Auslaugung isolierenden Plaques das Entstehen kariöser Läsionen bedingt.

Daß die Mundbakterien mit ihrer Fähigkeit, aus Kohlehydraten Säuren zu bilden, eine entscheidende Rolle in der Kariesentstehung spielen, bewies Orland 1954. Keimfrei entbundene und aufgewachsene Ratten zeigten trotz Verfütterung kariogener Kost keinerlei Kariesbefall. Cox stellte fest, daß nicht einzelne Bakterienarten kariogen wirken, sondern dieses Phänomen allen Mikroorganismen zugeschrieben werden muß, die Säuren zu bilden in der Lage sind. Die Streptokokken ("mutans, salivarius et sanguis") stellen den größten Anteil der Erreger. König entwickelte daraus vier theoretische Möglichkeiten der Kariesprophylaxe:

1. Hemmung der Belagsbildung
2. Substratentzug
3. Hemmung des Bakterienstoffwechsels und Unschädlichmachen der Stoffwechselprodukte
4. Stärkung der Schmelzresistenz

Unsere Bemühungen um prophylaktische Maßnahmen zur Eindämmung der Karies sind vielfältig. Sie reichen von Anweisungen der richtigen Zahnpflege, verifiziert durch verschiedene Putztechniken, über Hinweise zur zweckmäßigen Ernährung, wie z.B. Zuckerersatz, bis hin zu differenzierten Fluoridierungsmaßnahmen, sei es durch Lösungen, Gel in Pastenform, Gabe von Fluortabletten oder Trinkwasserfluoridierung. Keiner dieser Prophylaxwege allein oder in Verbindung mit anderen hat den Gesamtbefall an Karies entscheidend beeinflussen können. Manchmal wurde in klinischen Versuchsreihen mit der einen oder anderen Methode auffällige Kariesreduktion erreicht und nachgewiesen. Die hohe Anzahl an negativen Erfahrungen macht aber deutlich, daß ein wesentlicher Faktor bei diesen Untersuchungen gewissen Schwankungen unterworfen ist: Die Einstellung der Patienten. Der Zahnarzt selbst steht dieser Tatsache mehr oder weniger hilflos gegenüber. Er kann lediglich durch ein regelrechtes "Recall system", d.h., durch wiederholte Beobachtung und Motivation, versuchen, den Patienten die Problematik ihrer Mitarbeit vor Augen

zu führen. Es liegt also nahe, aktive neue Methoden der Prophylaxe zu erforschen und zu betreiben.

Heutzutage wird mehr und mehr die Fissurenversiegelung als Ausweichmöglichkeit diskutiert. Bei dieser Methode sollen Fissuren und Grübchen der Milchmolaren, Prämolaren und Molaren dauerhaft vor schädigenden mikrobiellen Einflüssen geschützt werden, um somit die Prädispositionsstellen der Kariesentstehung zu beseitigen. Zahlreiche klinische Versuchsreihen und Abhandlungen sind über diese Verfahren schon veröffentlicht worden, mit teils positiven und negativen Ergebnissen. Entscheidend für eine wirkungsvolle Anwendung sind die richtige Methodik der Applikation, Eigenschaften der Materialien, Verarbeitung und Überwachung.

Jedes dieser einzeln aufgeführten Probleme kann eine Indikationsgrenze für die Fissurenversiegelung sein, kurz gesagt: Ist die Fissurenversiegelung die Methode der Wahl oder sollte man bei den herkömmlichen Füllungsmaterialien als Grundlage für die Prophylaxe verbleiben?

II. Das Material und die Verwendung

Die Zahnheilkunde wurde in ihrer langen Entwicklung und auch heute immer wieder mit neuen, revolutionierenden Füllungsmaterialien über-

häuft. Die gebräuchlichsten, in der Praxis verwandten Materialien bleiben jedoch, wenn auch in verbesserter Form, die Silikatzemente, Silikophosphatzemente, das Amalgam und die Composites.

2.1. Composites, Säureätztechnik

Weitere Versuche, die Amalgame als krankheitsfördernd, toxisch und ungenügend in ihren Eigenschaften abzuwerten, leiteten eine neue Ära in der Zahnheilkunde ein: die Verwendung von selbstpolymerisierenden Kunstharzen zur Füllungstherapie. Auf Methylmetacrylatbasis entwickelte man selbsthärtende, transparente Materialien (z.B. Palavit 55). Das Pulver (Polymer) enthielt noch einen Accelerator; da aber auch diese Materialien ungenügenden Randschluß, Kontraktion, Quellung und starke Abrasion aufwiesen, versuchte man, durch anorganische Bestandteile (Glasfasern) den chemischen Verbund zu stärken. Vahl und Riedel bewiesen jedoch mit dem Elektronenmikroskop, daß die Glasfasern nicht von der Kunststoffmatrix festgehalten werden konnten, so daß Hohlräume entstanden, in die Wasser und Speichel eintraten. Die Polymerisationsschrumpfung (6 - 8 %) und der thermische Ausdehnungskoeffizient waren die Hauptschwächen der selbstpolymerisierenden Kunstharze. Dadurch kam es zu einer Randspaltbildung, die auch durch spätere Wasserabsorptionen und damit verbundene Quellung nicht ausgeglichen werden konnte. Eine Adhäsionsverbesserung der Kunst-

harze zur Kavitätenwand durch Auftragen von selbstpolymerisierendem Lack (glyzerinphosphorsaures Dimethylmetacrylat) brachte nicht den gewünschten Erfolg. Als weitere Nachteile erwiesen sich die geringe Abrasionsfestigkeit, Härte (16 - 18 HB) und die starke Verfärbung, so daß im Seitenzahnbereich die Verwendung kontraindiziert war. Da auch die Pulpa durch den starken Restmonomergehalt unkontrolliert geschädigt wurde, benutzt man die Materialien heute in begrenztem Maße nur noch als Provisorien.

Diese Unzulänglichkeiten ließen die Chemiker nicht ruhen und es wurde ein wesentlich verbessertes Füllungsmaterial geboren, das Composite. Es sind per definitionem: "Dreidimensionale Mischungen von organischem Kunststoff und damit verbundenen anorganischen Füllern." Ein Composite besteht aus einer organischen Matrix, sogenannte aromatische Diacrylate, von denen das berühmteste von Bowen 1962 patentiert wurde (BIS-GMA). Es sollte versucht werden, die Materialien chemisch in der Zahnschmelze zu verankern. Das BIS-GMA ist eine bipolare Verbindung, welche sich durch Chelation mit dem Calcium der Schmelze und auch mit dem Kunststoff verbinden kann. Sie bilden bei ihrer Aushärtung Ketten, also eine dreidimensionale Vernetzung. Heutzutage experimentiert man mit alicyclischen bzw. aliphatischen Verbindungen, die niedrig viskös und farbstabiler sind. Amin-, peroxydaccellatoren und Inhibitoren (Verhinderung zu schneller

Aushärtung) vervollständigen das Material. Die anorganischen Füllkörper (50 vol. %), Glas, Quarz, Aluminium und Hydroxylapatit liegen als Splitter, Plättchen, Stäbchen, Perlen oder Fasern vor. Ihre Größe schwankt zwischen 0,2 und 30 μm . Sie alle sind chemisch speziell vorbehandelt, d.h.: Ihre Verbindung mit organischen Bestandteilen erfolgt über die "Silanisierung", also organische Siliziumverbindungen. Man glaubt, daß dadurch die Polymerisationsschrumpfung, die Druckfestigkeit, die Abrasionsfestigkeit und der Elastizitätsmodul positiv beeinflußt werden.

In der Praxis erkannte man aber noch deutlich ihre Problematik, ihre Schwächen. So traten ungenügende Adhäsion an die Kavitätenränder und damit verstärkte Mikrospaltbildung als Folge auf, wenn die Füllung nicht absolut trocken appliziert war. Auch die Rauigkeit der Oberfläche (herausgebrochene Füllkörper), Toxizität durch starken Restmonomergehalt, fehlende Röntgenopakizität und damit Erschweren des Erkennens von Sekundärkaries beschränkten somit die Indikation der Composites auf den Frontzahnbereich (Zahnhaalsfüllungen, Eckenaufbauten) erheblich, während im Seitenzahnbereich totale Kontraindikation festgelegt wurde. Somit blieb der praktische Wert dieser Materialien zunächst begrenzt. Erst die Säure-ätztechnik, vor ca. 25 Jahren durch Buonocore (1955) entwickelt, in der Praxis systematisch angewandt, jedoch erst seit ca. 10 Jahren, scheint hier eine Lösungsmöglichkeit anzubieten (Lampert). Ihr Prinzip stützt

sich auf zwei Festlegungen:

- a) Anätzen der Schmelzoberfläche mit organischen Säuren (Phosphor oder Zitronensäure), wodurch eine Aufrauung des Schmelzes erfolgt und
- b) Füllungsmaterialien, die aufgrund ihrer Oberflächeneigenschaften in diese Mikrokavitäten an der Schmelzoberfläche eindringen und nach ihrem Aushärten eine feste Bindung des Materials an den Zahnschmelz bewirken.

Für die Verankerung wird also hauptsächlich der Schmelz herangezogen, wodurch sich viele Vorteile ergeben:

1. Schonung der Zahnhartsubstanz
2. Geringe Auswirkung des Bohrtraumas auf die Pulpa
3. Reduktion des Schmerzes und damit Verzicht auf Anästhesie
4. Geringere Randspaltbildung (Lutz 1976)

Buonocore untersuchte zwei Methoden der Schmelzvorbereitung:

- a) Reinigung mit Phosphor-Molybdat und wolframsaurem Natrium und Anätzen mit 10 %iger Oxalsäurelösung
- b) Anätzen mit 85 %iger Phosphorsäure

Die verbesserte Haftung eines Metacrylates führte er auf Oberflächenvergrößerung, Vereinigung mit dem organischen Schmelz und Entfernung alten, nicht reaktionsfähigen Schmelzes zurück. 1960 stellten Swanson

und Mitarbeiter zwei Grundregeln für Säureätztechnik auf:

- a) Die Schmelzoberfläche muß sauber, geätzt und trocken sein.
- b) Der Kontakt von Schmelz und Material muß bestmöglich sein.

Weitere Untersuchungen von Gwinnett, Buonocore (1965), Cueto und Buonocore (1965), Ripa, Buonocore und Cueto (1977), Takeuchi und Kizu (1976) bestätigten diese Forderung. Die theoretischen Grundlagen für dieses Phänomen legten Buonocore (1963), Matsui (1964) und Retief (1973) mit dem Begriff der Adhäsion dar. Intermolekulare Kräfte zwischen den Oberflächen zweier Medien wurden als primär chemische sowie sekundär physikalische Bindungen (Van der Vaal) deklariert. Grundvoraussetzung ist die unmittelbare Annäherung der Moleküle auf ein bis zwei Angström. Dazu muß ihre Oberfläche aber plan sein, was kaum zu erreichen ist.

Als Adhäsiv wird nun die Flüssigkeit angesehen, d.h., die Benetzung. Als Störfaktoren in der Mundhöhle erweisen sich Wasser, Speichel und die organischen Bestandteile der Zahnhartsubstanzen, also auch organische Auflagerungen (Plaques) auf dem Schmelz (Cornelles 1961, Bergmann 1963 und Linderer 1968).

Lutz und Mitarbeiter (1976) stellten fest, daß weniger physikalisch-chemische Prozesse an der Verankerung beteiligt sein konnten, sondern vielmehr rein mechanische Verbindungen an der Schmelzoberfläche stattfanden.

Weitere Ätzsäuren wurden von Osawa (1972) auf ihre Haftvermittlung hin überprüft, d.h., auf ihr Schmelzlöslichkeitsvermögen. Dabei zeigte sich, daß insbesondere die Brenztraubensäure (2-molar) und die Phosphorsäure (2-molar) besondere Hafteigenschaften aufwiesen. Das Phänomen des Abnehmens des Rauigkeitsgrades der Schmelzoberfläche bei zunehmender Säurekonzentration wurde von Clow und Mitarbeitern (1973) untersucht. Sie wiesen nach, daß bei zunehmender Säurekonzentration neu gebildete mineralische Überzüge die weitere Auflösung des Apatites verhinderten. Daß die zunehmende Ätzzeit nicht die Aufräuhung der Schmelzoberfläche verstärkt, zeigten Lee und Mitarbeiter (1972) anhand von klinischen Studien. Hessel (1973) und Retief bewiesen jedoch das Gegenteil.

Brauer und Mitarbeiter (1972) untersuchten weitere Kalzium-Chelatbildner auf ihre Haftvermittlungssteigerung des Kunststoffes. Bessere Chelation ist jedoch nicht in der Lage, die Haftung zu erhöhen. Gwinnett und Matsui (1967), Gwinnett und Buonocore (1965), Buonocore und Mitarbeiter (1968) glaubten, daß 50 %ige Phosphorsäure die beste Haftvermittlung gewährleiste, während Mannenberg (1960) und Uy (1965) die Zitronensäure bevorzugten. Heute findet bei allen gängigen Methoden der Säureätztechnik die Phosphorsäure die meiste Verwendung.

Osawa (1972) und Silverstone (1974) wiesen nach, daß 30 bis 40 %ige Phos-

phorsäure die größte Rauhtiefe mit 25 bis 35 μm bewirkt, 50 %ige hingegen nur 5 bis 25 μm Ätztiefe, ohne tiefergehende histologische Schmelzveränderungen zu verursachen (Gwinnett 1971). Newessly warnt vor der Verwendung der Phosphorsäure, weil seiner Meinung nach H^+ -Ionen das Hydroxylapatit an PO_4 und OH angreifen. Es entsteht Trikalziumphosphat, Oktalkalziumphosphat und sekundäres Kalziumphosphat, was nach Absprühen mit dem Spray nur teilweise entfernt wird. Da aber die angeätzten Zonen durch Füllungen abgedeckt werden, können diese sauren Anteile nicht neutralisiert werden, so daß H^+ -Ionen unter der Füllung wandern können, was zu einer Veränderung des pH-Wertes führen kann.

Allgemein wurden all diese morphologischen Veränderungen des Schmelzes auf dem Kristallniveau von Scott (1979) untersucht, der feststellte, daß unterschiedliche räumliche Orientierung und Mineralisierung der Schmelzprismen bedeutend für die Ätzwirkung sind, und daß die Prismenperipherien säureresistenter als die Zentren waren. Hamilton (1972) beobachtete, daß Prismenzentren eine geringere Anfälligkeit aufwiesen. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen nach Katelny (1970), Retief (1970), Gwinnett (1971), Lee und Schwarz (1971), Gwinnett und Mitarbeiter (1972), Vahl und Mitarbeiter (1974), Lampert (1978) verweisen auf die Vielgestaltigkeit der geätzten Schmelzoberfläche mit nebeneinander unterschiedlich bevorzugtem Säureangriff teils auf die Prismenzentren oder Peripherie. Der

unterschiedliche Mineralisationsgrad innerhalb der Schmelzprismen und die daraus folgende differenzierte Säurelöslichkeit des Schmelzapatites bedingt eine unterschiedliche Tiefe der Säureeinwirkung. Rasterelektronenmikroskopisch zeigte sich eine feinkörnige oder zottige Struktur mit Einsenkungen, die aber nicht an die Prismen gebunden sind.

Um die Ätzwirkung zu verbessern, führte Lampert ein von Sheyrholeslam angegebenes Verfahren durch. Man ging davon aus, daß die Schmelzoberfläche aus prismenlosem Schmelz besteht, infolge einer differenzierten Lagerung der Schmelzkristallite mit der Schichtdicke bis zu $30\mu\text{m}$ (Lutz 1976). Sie stehen eher parallel zueinander, so daß die Säureanfälligkeit geringer ist. Die erste Schicht des Schmelzes wurde entfernt, wodurch die Oberfläche gleichmäßiger aufgeraut erschien, während glatte und erhabene prismenlose Bereiche fehlten. Flächenhafte, feinstukturierte, vertiefte Bezirke wechselten mit grober gegliederten mit aus der Oberfläche heraustretenden Prismenzentren ab, wodurch eine bessere Haftung erzielt werden sollte.

Ein weiteres von Lutz (1975) angegebenes Verfahren, die Reinigung der Schmelzoberfläche mit 5 %iger Natriumhyperchloridlösung sollte den Belagsfilm - die Plaques - entfernen, der einerseits durch Säureproduktion den Schmelzangriff, andererseits als Schutzschicht der Einwirkung der Säure auf den Schmelz entgegenwirkte. Auch hierbei stellte Lampert eine günstigere Beeinflussung der Ätzwirkung fest.

Brennend interessierte die Frage, wie dieser Verbund Kunststoff-Schmelz zustande kam, was für die Fissurenversiegelung bedeutungsvoll ist. Lichtmikroskopische Untersuchungen von Gwinnett und Matsui (1967), Gwinnett (1971), Buonocore (1973), Gwinnett und Ripa (1973), Retief (1973), Silverstone (1974), Vahl und Mitarbeiter (1976) dienten dazu, die Länge der Kunststofffortsätze im Zahnschmelz zu messen. Die Größe der "Tags" geht von 3 bis $100\mu\text{m}$. Lampert ging bei seiner Untersuchung folgendermaßen vor: Er bettete Zähne in Phosphatzement, um so das Ablösen des Composites beim Schleifen zu verhindern. Anhand von Zahnschliffen kam er zu folgenden Ergebnissen:

1. Die jetzt gleichmäßig dargestellten Prismenkerne treten hervor, während die Prismenperipherie abgetragen wird.
2. Die Composites (mit Füllung) weisen eine feingekörnte Oberfläche auf.
3. Die Kontaktzone von Schmelz- und Füllungsmaterial ist regelmäßig. Es traten drei Arten von Zotten auf
 - a) kleine, sandkornartige ($1 - 34\mu\text{m}$)
 - b) breite, halbkugelige ($3\mu\text{m}$)
 - c) lange, schlanke Zotten, die in die Interprismatischen Zwischenräume ragen.

Es zeigte sich, daß eine Zone der Durchmischung ab etwa der halben Länge der Zotten auftrat, d.h.: das Composite ist mit Schmelzapatit quasi aufgefüllt worden. Man errechnete eine Anzahl von $500 - 1100 \text{ Tags/mm}^2$. Daraus

ergab sich eine Belastbarkeit von $1 - 3 \text{ g/mm}^2$ Schmelzoberfläche, was darauf deutete, daß nicht nur die Zotten, sondern auch andere Kräfte, wie z.B. Van der Vaal, ihren Anteil an der Haftvermittlung haben mußten. Da aber $1 - 2 \text{ \AA}$ zur Annäherung der Moleküle Voraussetzung sind, diese aber durch eine Wasserschichtdicke von drei Wassermolekülen auf dem Schmelz nicht erreicht werden kann (auch bei völliger Trockenheit), mußten allein die Zotten für die Haftung verantwortlich sein.

2.2. Fissurenversiegelung

Die Gesamtheit dieser Ergebnisse und deren Quintessenz war ausschlaggebend für die Tatsache, daß die Säureätztechnik ihre weitere Verwendung bei der Kariesprophylaxe erfuhr. Hiermit verbunden ist der Begriff der Fissurenversiegelung, d.h., "die Einebnung und damit Beseitigung der Prädispositionsstelle für Plaqueanlagerungen, der Fissuren (Hotz 1972)". Hauptsächlich trichter- und ampullenförmige Fissuren sind Prädispositionsstellen für die Karies. Neben den Möglichkeiten der Selbstreinigung der Zähne, Anleitung zu zweckmäßiger Mundhygiene, Resistenzsteigerung des Schmelzes durch Fluorgabe und Ernährungslenkung bietet sich die Fissurenversiegelung als Methode zur präventiven Zahnheilkunde an. Fünf Hauptangriffspunkte wurden festgelegt:

1. Hemmung der Plaquebildung

2. Substratentzug
3. Hemmung des Bakterienstoffwechsels sowie Unschädlichmachen der Stoffwechselprodukte
4. Steigerung der Schmelzresistenz
5. Fernhalten aller kariogen Noxen

Was aber sind nun die Forderungen, die aus zahnärztlicher Sicht an einen idealen Fissurenversiegeler gestellt werden müssen?

1. Ausreichende Haftung
2. Leichte, vollständige Applikation
3. Hohe Belastbarkeit, ähnlich der der herkömmlichen Füllungsmaterialien
4. Keine Randspaltenbildung und vollständiges Ausfüllen der Fissur

Bereits das von Black (1885) angegebene prophylaktische Aufziehen der Fissuren und die Fortführung von Hayatt (1923, 1936) dahingehend, die Fissuren zu erweitern und mit schmalen Amalgamfüllungen zu versorgen ("prophylaktische Odontomie"), können als Anfänge in der Fissurenversiegelung - wenngleich mit anderen Materialien - angesehen werden.

Boedecker (1929, 1964), Toverud (1931) und Drum (1954) sowie auch König (1954) erweiterten die Fissuren durch Ausschleifen und Abflachen der Höckerwände. Diese Verfahren waren ebenso insuffizient (Ripa 1973), Plather (1958), wie später die Imprägnierung mit Silbernitrat (Müller 1951),

Zinkchlorid und Fluorcyanid (Axt und Mitarbeiter 1950) oder auch das Abdecken mit Kupferzement (Müller 1951).

Schon 1939 versuchte Gore, nach gründlicher Reinigung und Trocknung, die Fissuren mit Nitrozellulose aufzufüllen. Das Material löste sich jedoch schnell von der Oberfläche wieder ab.

Im Laufe der Weiterentwicklung schienen die Cyanoacrylate eine wesentliche Verbesserung mit sich zu führen. Cueto und Buonocore (1965 - 1967) versiegelten in Abständen von 6 Monaten Zähne mit Methyl-2-Cyanoacrylat und Polymethacrylaten. 91,5 bis 86,3 % Kariesreduktion war das Ergebnis nach einem Jahr; nach zwei weiteren Jahren stellten Ripa und Mitarbeiter noch 85,5 % intakte Versiegelung fest.

In Japan erprobten Takeuchi und Kizu (1966, 1969) ohne Schmelzanätzung ein Alkylcyanoacrylat und erreichten eine Kariesreduktion von 90,5 %, was auch Kaneko (1971) in einem Versuch verifizierte.

Der entscheidende Nachteil der Materialien lag aber darin, daß sie sich in der Mundhöhle hydrolytisch zersetzten, weshalb zusätzlich mit Polymethacrylaten versiegelt werden mußte, was aber wiederum die Versiegeler hochviskös machte und die Gefahr des Lufteinschlusses und damit keiner vollständigen Versiegelung in sich barg. Vielleicht ist damit das negative Ergebnis von Parkhouse und Winter (1971) zu erklären, die 6 Monate nach

Applikation einen sehr hohen Verschleiß feststellten und die Methode und Material für untauglich erklärten.

W. Pilz (1957) verwendete zahnfarbenes Metacrylat, indem er nach gründlicher Reinigung und Trocknung die Fissuren mit Monomer beschickte und in dieses flüssige Milieu Pulver einstreute. Er versuchte, die ungenügende Haftung so zu erklären, daß die Vielgestalt der Fissuren, besonders der trichter- und ampullenförmigen, ein Auffüllen des Materials bis zum Boden nicht zuließen, und somit wegen der nur oberflächlichen Retention eine geringere Haftvermittlung möglich war.

Die Polyurethane, die von Lee und Mitarbeitern (1971) verwandt wurden, bildeten keinen Fortschritt. Ihre nach Aushärtung gummiartige Konsistenz, die keine genügende mechanische Haftung am Schmelz gewährleistete, bedingte sehr schlechte Versuchsergebnisse.

Deutlich bessere Hafteigenschaften versprachen die Untersuchungen von Buonocore, Matzui, Gwinnett (1968), die die Zähne mit zinkoxidhaltiger Phosphorsäure vorbehandelten. Der entscheidende Durchbruch begann aber erst mit den von Bowen (1962) entwickelten "Aromatischen Diacrylaten".

Die als Reaktionsprodukte des "Bisphenols-A mit Glyceridmetacrylaten (BIS-GMA)" abgeleiteten Werkstoffe setzten sich zusehens als präventive Füllungsmaterialien durch. Als Katalysator diente ein peroxid-amin-System. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften entsprachen annähernd

den Anforderungen, die das Mundhöhlenniveau an die Produkte stellt. In Verbindung mit der Säureätztechnik erzielte Roydhouse (1968) in einer klinischen Untersuchung über drei Jahre eine Kariesreduktion von 29 %. 1970 veröffentlichte Buonocore folgende Versiegelungsmethode: Er verwandte statt des peroxid-amin-Katalysators einen 2 %igen Benzoin-Methyläther, also einen Ultraviolett-Katalysator. Durch kurzfristige Bestrahlung mit UV-Licht der Wellenlänge ($\lambda = 366 \text{ nm}$) erhärtete die Masse über freie Radikale sehr rasch. Nach 12 Monaten fand er einen vollkommen vorhandenen Schutz gegen Karies an den behandelten Fissuren vor; nach zwei weiteren Jahren betrug die Kariesreduktionsrate noch 99 %. (Buonocore 1972). McCune und Cvar (1971) verwandten dasselbe Material und erreichten eine Kariesreduktion von 88 %, während Rock (1971) durch Gebrauch einer ungeeigneten UV-Lichtquelle nur auf 65 % Verminderung kam. Auch Reithmann untersuchte das BIS-GMA-System auf seine Wirksamkeit hin. Mit Nuvasal versiegelte er die ersten und zweiten Molaren von 30 Osborne-Mendel-Ratten und wertete statistisch den Kariesbefall nach 21 Tagen anhand von Schnitten aus. Seine Ergebnisse fielen nicht so gut aus, was er auf die Schwierigkeit der Applikation des Versiegeler zurückführte (geringe Größe der Rattenzähne von 2 mm Kronenlänge).

Die Liste der Versuche mit Diacrylaten ließe sich bis heute beliebig erweitern. Die kontroversen Meinungen haben dazu geführt, daß man zwischen-

zeitlich mit Versiegelungstoffen auf Zementbasis experimentierte, um unter Umständen bessere Ergebnisse zu erzielen. Valles (1973) versuchte, aus preislichen, d.h., volkswirtschaftlichen Gründen, mit einem billigen Silikophosphatzement ohne vorherige Ätzung die Fissurenversiegelung einen entscheidenden Schritt weiter zu bringen. Seine Bemühungen schlugen aber ebenso fehl wie die von Williams und Mitarbeitern (1974, 1975), die mit Polycarboxylatezement eine gute Festigkeit erreichten; wegen der Wasserlöslichkeit, Permeabilität und ungenügender Haftung ging man rasch wieder davon ab.

Auch Glas-Ionomer-Zemente (McLian, Wilson, Williams) erschienen wegen unzureichender Haftung und großer Wasseraufnahme völlig ungeeignet.

Der Einfluß des prismenfreien Schmelzes auf die Versiegelerretention wurde von Foster und Rao (1974) untersucht. Sie kamen zu dem Schluß, daß nach vorherigem Abschleifen des prismenfreien Schmelzes die Versiegelung sehr viel besser wurde und länger hielt.

Deutliche Unterschiede in der Versiegelerretention fanden Savi und Whitehorst (1975). Nach 18 Monaten haftete der Versiegeler sehr viel stärker an occlusalen Fissuren als an distolingualen oder bukkalen. Ferner zeigte sich, daß verschiedene Behandler die Arbeit vornahmen, wie wichtig die korrekte Verarbeitungsweise der Materialien ist. Jerominus (1975) studierte die Lebensfähigkeit von Mikroorganismen im kariösen Dentin nach Versiegelung

der darüber liegenden Fissurensysteme. In tiefen kariösen Läsionen konnten die Mikroorganismen nicht inaktiviert werden, was vielleicht mit der hohen Viskosität und der dadurch bedingten geringen Fließfähigkeit des Materials zu erklären ist.

Einen weiteren Fortschritt schienen die abgeleiteten Reaktionsprodukte des BIS-GMA zu bringen, also die heutigen Composites. Expolite (9075)^R und Nuvaseal^R wurden von der "American Dental Association Council on Dental materials and devices" mit dem Prädikat "provisionally acceptable" zur klinischen Anwendung als brauchbar zugelassen.

Lee und Orlowsky (1971) vertreten die Ansicht, daß das Material dank des guten Penetrationsvermögens die Fissur bleibend zu verschließen in der Lage ist, allerdings nur in der Tiefe. Die Abrasion läßt kein Auffinden des Materials an der Oberfläche zu.

Merrill (1973), Jeronimus (1975) und Williams (1974) untersuchten ebenfalls das Material und kamen zu der Überzeugung, daß Expolite ein schlechteres Haftvermögen und eine geringere initale Härte als Nuvaseal besitzt.

Rock zeigte, daß bei Nichtverwenden des "Primers" bei Expolite eine deutlich bessere Haftung der Füll war, was er darauf zurückführte, daß der Primer einen Teil des Ätzmusters ausfüllte und somit dem Versiegeler gegenüber isolierend wirkte.

Martinez untersuchte ein anderes, niedrig visköses System (Concise-enamel-bond), ein ebenfalls aus der Reihe Versiegeler-Composite entnommenes Material. Er kam zu dem Schluß, daß es wesentlich besser in die Fissuren einfloß und ohne Polymerisationschrumpfung aushärtete. Gegenüber Temperaturwechselbelastungen und mechanischer Belastung (Putzen, Mastikation) sei es weniger resistent.

Auch ein von ESPE unter Verwendung von UV-Licht aushärtendes Präparat fand Einzug in die Untersuchungslaboratorien. Nach 6 Monaten zeigte es die geringste Haftung am Schmelz von allen Fissurenversiegeln. Die Wasseraufnahme war gleich und die Mikrohärte geringer als bei ähnlichen Materialien (Watkins 1975, Williams 1974).

Nachdem auch viele andere Autoren mit verschiedenen Studien (1973 - 1976, Tabelle 1 (s. Seite 31)) mehr oder weniger unzureichende Ergebnisse erzielten, ging man schon 1973 dazu über, gefüllte und ungefüllte Materialien gleichzeitig zu verwenden. Simonsen (1973, unveröffentlicht) benutzte 3M-Concise^R mit einer Verdünnung von ungefülltem ENAMEL-bond^R. Der Versiegeler ließ sich besser und wirksamer aufbringen und entsprach damit einer Forderung, die darauf beruhte, daß hohe Viskosität eine genügende Penetration bis zum Boden der Fissur nicht zulasse.

Überstadts Drei-Jahresrate (1976) ergab eine Retention von 92 % in Occlusal-flächen bei Verwendung von verdünntem Concise. Simonsen (1977 - 1978) fand eine Reduktion von 100 % nach 12 und 24 Monaten. Außerdem war sein verwandter Sealer eingefärbt, was nach Meinung der Autoren eine bessere Überwachung der Polymerisation gewährleiste, wie es auch schon Eden (1975) durch Zumischen von 70 ppm Farbstoff zu einem Versiegeler versucht hatte.

Auch Triadan (1979) ging zu opaken gefüllten Versiegeleren oder zu verdünnten Composites über. Er war es dann auch, der nach Untersuchungen von Lutz (1977), Simonsen (1978) dazu tendierte, die Fissurenversiegelung im Sinne von Hayatt und König zu erweitern, wie diese es damals bei Amalgamfüllungen praktizierten. Diese neue Methodik, die "erweiterte Fissurenversiegelung", erfolgte wie nachfolgend beschrieben:

Nach Reinigung und Trocknung der Zähne und Anlegen des Kofferdams schliiff er die Fissuren mit dem kleinsten kugelförmigen Diamanten aus und schrägte die Ränder mit einem flammenförmigen Hartmetallfinierer oder Carborundumschleifer ab. Dann versiegelte er mit White Sealant. Seine Behauptung : "Deshalb sind die Philosophie und die praktische Anwendung der erweiterten Fissurenversiegelung meiner Ansicht und Erfahrung nach nunmehr zu empfehlen" deckt sich mit den Ergebnissen von Simonsen

(1978), der mit verdünntem Concise versiegelte, aber auch eine Zwischenschicht aus reinem, ungefülltem Kunststoff benutzte und diese dann mit Composite abdeckte. Professor Lampert bewies aber in einer klinischen Studie, daß es unmöglich sei, die erweiterte Fissurenversiegelung in diesem Sinne zu betreiben. Eine von ihm erhobene Kontrolle des Verfahrens ergab, daß der Boden der so geschaffenen erweiterten Fissur nahezu regelmäßig im Bereich der Schmelz-Dentin-Grenze verläuft. Dieses führt bei Ätzung zu einer Kontamination des Dentins, was sich, lt. Mühlemann, als gefährlich für die Pulpa herausstellt. Es zeigten auch Untersuchungen von Vahl und Mitarbeitern, daß die Auswirkung der Säure bis zu $200\mu\text{m}$ in dem Schmelz nachweisbar ist.

2.3. Grenzen der Fissurenversiegelung

Alle diese Ausführungen, ob positiv oder negativ, werfen eine oft diskutierte Frage auf, die sehr schwer zu beantworten sein dürfte: Ist die Fissurenversiegelung mit all ihren Problemen und Unzulänglichkeiten als echte Alternative in der Praxis anzusehen neben herkömmlichen Prophylaxemethoden? Um Anstöße zur Beantwortung dieser Frage zu geben, sollen die Grenzen der Fissurenversiegelung kurz aufgezeigt werden. Grundsätzlich wird mit der Fissurenversiegelung versucht, "die Fissuren und Grübchen der Zähne von den Einflüssen durch Plaques und Bakterien zu isolieren".

Schon seit Black (1885) ist die Prophylaxe durch Aufziehen bekannt. Gore (1939) durch Versuche mit Nitrozellulose, Buonocore (1977) mit Entwicklung der Säureätztechnik und Bowen (1962) mit Einführung der Diacrylate setzten Schwerpunkte in der Entwicklung. Heute geht man zu mineralisch gefüllten, niedrig viskösen Composites über.

Kurz soll hier noch einmal auf die Methodik der Applikation hingewiesen werden:

1. Reinigung mit einer dichloridhaltigen Reinigungspaste
2. Kofferdam und Trocknung
3. Ätzung mit 50 %iger Phosphorsäure
4. Nach 60 Sekunden abspülen, trocknen; nun erscheint das charakteristische seidenmatte, weiße Bild des angeätzten Schmelzes.
5. Auftragen des Versiegeler und Aushärtung
6. Lokale Fluoridierung (Gel)

Überdenkt man die Problematik der Fissurenversiegelung, so ergeben sich im wesentlichen fünf sich überschneidende Problemkreise, die jeder für sich die Indikation der Fissurenversiegelung begrenzen könnten.

1. Zustand des Schmelzes
2. Ätztechnik und Säure
3. Eigenschaften der Versiegelungsmaterialien

4. Bearbeitung

5. Überwachung

Ad. 1:

Ist jede Fissur in gleichem Maße kariesanfällig?

Klinisch kann man sagen, daß nicht jede Fissur eine Prädispositionsstelle für Karies sein muß. Man empfiehlt, nur Fissuren zu versiegeln, deren Fundus nicht sonderbar ist. Bei Erwachsenen soll nur versiegelt werden, wenn sich z.B. durch das Fehlen von Antagonisten besondere Reinigungsprobleme herausstellen, desgleichen auch bei debilen Kindern. Grundsätzlich sollten nur vollständig kariesfreie Fissuren versiegelt werden. Andere Autoren, Simonsen (1980), geben an, auch kleine kariöse Läsionen mit Versiegeler zu beschicken, was er mit den relativ guten Ergebnissen von Handelsmann (1976) und Going (1978) untermauert. Man stellte aber fest, daß die Bakterien keinesfalls unter der Füllung absterben, weil durch Randspalte und vorzeitige Abnutzung immer neue unter die Versiegelschicht diffundieren konnten. Im Gegenteil, die kariösen Läsionen schritten ungehindert weiter (Lutz) und erreichten fast immer das Dentin.

Auch die erweiterte Fissurenversiegelung nach Triadan, bei der die Fissur im Schmelzbereich aufgezogen wurde, erwies sich als ungeeignet, da die Präparationstiefe fast immer die Schmelz-Dentin-Grenze überschritt.

Dieses führte zu einer Ätzung des Dentins, was sich, lt. Mühlemann, als gefährlich für die Pulpa herausstellte. Vahl zeigte, daß über $200\mu\text{m}$ im Schmelz noch Säureätzspuren nachzuweisen waren.

Ad. 2:

Eine Durchführung der Versiegelung ohne die Säureätztechnik ist nicht realisierbar. Durch dieses Verfahren wird die Schmelzoberfläche aufgeraut, um somit eine Verankerung des Versiegelungsmaterials zu schaffen (retentives Ätzmuster mit Mikrokavitäten). Das wiederum hängt von der Morphologie des Schmelzes ab. Dazu müssen die Schmelzprismen annähernd senkrecht zur Oberfläche stehen. Bei Milchzähnen aber kann, bedingt durch den prismenlosen Schmelz, nur eine sandkornartige Aufrauhung aber keine verstärkte Retention in Form von Zotten erreicht werden, wie Lampert (1978) in einer klinischen Studie mit dem Rasterelektronenmikroskop bewies.

Umstritten ist noch die Auswirkung des Anätzens in der Literatur. De Newesly warnt vor einer Tiefenwirkung saurer Schmelzprodukte unter dem Versiegeler, ebenso vor der nicht festzustellenden Infiltration der Säure in die Tiefe des Schmelzes. Andere Autoren wiederum unterschätzen die Wirkung der Säure. So sagt Simonsen (1980), daß "durch Ablagerungen der organischen und mineralischen Komponenten des Speichels und durch Fluoride eine Remineralisation eintritt, die diese schnelle Rückkehr des Schmelzes zu seinem nor-

malen Erscheinungsbild bewirkt."

Ohne Versiegelung belassene angeätzte Fissuren und unkontrolliert gesetzte Ätzmarken sollen also nach wenigen Tagen wieder remineralisieren. Hier muß aber eindeutig festgestellt werden, daß eine "Restitutio ad Integrum" nicht möglich ist. In den interkristallinen Spalten wird zwar CA-Phosphat abgelagert, die Grundstruktur - also die Schmelzprismen, die durch aktive Zelleistung erreicht wurde - kehrt nicht zurück. Lampert stellte in einer neunmonatigen klinischen Untersuchung fest, daß die matte Oberfläche verschwand; Anfärbung mit Fuchsinlösung erbrachte jedoch den Beweis, daß hier lediglich eine Einebnung durch organische Beläge stattgefunden hatte. Im Tierversuch (Lampert 1974) erwiesen sich unversorgt belassene angeätzte Schmelzoberflächen kariesanfälliger als unbehandelte.

Versuche wurden mit pastenartigen Ätzmaterialien unternommen. Die Problematik bestand aber darin, daß ungelöstes Material beim Absprühen zu den Nachbarzähnen transportiert wurde und unkontrolliert Ätzmarken setzte.

Man sollte nach R. Abendroth (1979) grundsätzlich nur 50 %ige Phosphorsäure ohne Zusätze verwenden.

Ad. 3:

Die Materialeigenschaften der heutigen Versiegeler sind noch unzureichend.

Ihre Härte beträgt 1/5 der von Composites. Das führt, bei geringer Abra-sionsfestigkeit, zu starker Abnutzung. Der Antagonist spielt ebenso eine Rolle wie das Vorübergleiten der Nahrung bei Mastikation. Das Material wird verwaschen und nur in der Tiefe verbleiben Reste. Plaque haftet daran, dieses führt zu Schwierigkeiten bei der Reinigung. Auch kann nicht vermieden werden, daß Lufteinschlüsse Blasen zur Folge haben, was wiederum Mikropaltbildung und Porositäten verursacht. Wie Kremers und Finger bewiesen, kann die hohe Plastizität des Materials dazu führen, daß Teile des Versiegeler abgehoben werden. Die elastisch-plastische Verformung auf dem Höckerabhang verursacht eine Lockerung, so daß spaltförmige Räume entstehen, eine bevorzugte Retentionsstelle für Plaques.

Simonsen (1980) sagt dazu, daß bei ordnungsgemäßer Anwendung des Versiegeler und richtiger Technik keine Probleme auftreten können. Was aber bedeutet diese Aussage?

Gerade die Ätztechnik erfordert doch sorgfältiges Trocknen und Reinigen, was nur durch das Anlegen von Kofferdam zu erreichen ist. Da aber grundsätzlich nur Zähne kariesfrei sind, die gerade durchgebrochen sind, ergibt sich ein weiteres Problem. Meist überlappt das Zahnfleisch die Okklusalfäche an einigen Stellen oder ummantelt diese fast vollständig. Um den Kindern keine Schmerzen zu bereiten, muß der Kofferdam unter Anästhesie gelegt

werden, was gerade hier kaum durchführbar ist. Außerdem erscheint das Risiko bei einem solch relativ geringen Eingriff, wie es die Versiegelung ist, mehr als fragwürdig.

Bei Erwachsenen hingegen wird kaum ein Zahn bei der heutigen Einstellung gegenüber der Zahnheilkunde unversehrt sein. Eine Versiegelung aber, als erweiterte Fissurenversiegelung, ist aus vorher angeführten Gründen nicht indiziert. Die DGZMK sagt ganz eindeutig (1981, Februar), daß bei dem vorläufigen Stand der Dinge die Amalgame im Seitzenzahnbereich auch gegenüber den Composites absolute Priorität genießen.

Ad. 4:

Auch bei der UV-Aushärtung kann es zu Problemen kommen. Es wird ausschließlich langwelliges Licht (320 - 400 nm) verwandt. Fototoxische und fotoallergische Dermatosen für Patient und für Behandler sind nicht auszuschließen. Zwar gelten die zur Zeit gängigen Geräte als relativ sicher, es soll aber auf die Problematik "Medikamente und ihre toxische Auswirkung bei UV-Bestrahlung" hingewiesen werden. So können fotoallergische Dermatosen (Hypersensibilität) bei Patienten auftreten, die Sulfonamide und Psychopharmaka einnehmen. Fototoxische Dermatosen sind obligat bei Kontamination mit Teer, Akridinfarbstoffen, Eosin und Furokumarin nachzuweisen. Hieraus ergeben sich gewisse Grundregeln, denen Beachtung geschenkt

werden muß:

1. Sorgfältige Erhebung der Anamnese in Bezug auf erworbene UV-Licht-empfindlichkeit oder Einnahme von fotosensibilisierenden toxischen Medikamenten oder Kontakt mit denselben.
2. Langwelliges Licht sollte nur aus einer kleinen, abgeschirmten Öffnung am Ende des Quarzstabes austreten können. Geringstmögliche Dosis und kleinsten zu bestrahlenden Bereich beachten.

Ad. 5:

Sämtliche aufgeführten Probleme machen ein straff geführtes "Recall system" unabdingbar. So sollten nur solche Patienten, die sich dieser Prozedur unterziehen, mit Versiegeler behandelt werden. Die Zeitspanne der Überwachung beträgt 6 Monate. Die Haltbarkeit sollte jedesmal überprüft und bei Bedarf sollte neu angeätzt und versiegelt werden, womit alle Schwierigkeiten von neuem beginnen.

Nur so konnten die guten Ergebnisse in einigen Studien erreicht werden (von 1973 bis 1979). Nach einer Liegedauer von ca. 14 Monaten waren noch 58,9 % intakt. Ranta (1979) fand nach drei Jahren noch 31,3 %, Doley nach fünf Jahren noch 30 % (1979).

Als Grundvoraussetzungen müssen gelten:

1. Die Fissur muß vollständig kariesfrei sein.

Eine erweiterte Fissurenversiegelung ist eindeutig abzulehnen zugunsten einer Füllungstherapie nach Black.

2. Die Durchführung (Trocknung) und Anätzung muß präzise erfolgen.
3. Verwendung finden nur niedrig visköse Materialien; UV-Lichtanwendung nur bei gezielter Anamnese.
4. Straffes "Recall system".

So ist es nicht verwunderlich, daß im Gegensatz zu Silverstone (1978), der die Fissurenversiegelung ".... eine höchstwirksame Maßnahme zur Verhinderung von Karies" nennt, die DGZMK eindeutig aussagt: "Fissure-sealing forget about it !!!" (1980, Februar).

Tabelle 1: Übersicht über die in den Jahren 1973 - 1976 erschienenen Untersuchungen zur Fissurenversiegelung

Autor	Material	Untersuchungszeitraum	Zahl der unters. Zähne	Intakte Versiegelung in %	Kariesbefall in %
1. Rock (1973)	Diacrylat A	12 Mon.	174	86	0
2. Rock (1973)	Diacrylat B	12 Mon.	171	53	3
3. Rock (1974)	Diacrylat A	24 Mon.	174	80	3
4. Rock (1974)	Diacrylat B	24 Mon.	167	51,5	5
5. Luoma u. Mitarb. (1973)	Diacrylat	6 Mon.	360	95	1,5
6. Merill u. Mitarb. (1973)	Diacrylat A	9 Mon.	160	71	--
7. Merill u. Mitarb. (1973)	Diacrylat B	9 Mon.	160	16	--
8. McCune u. Mitarb. (1973)	Diacrylat	12 Mon.	130	85	--
9. Risager u. Poulsen (1974)	Diacrylat	12 Mon.	148	77,1	--
10. Richardson u. Mitarb. (1974)	Diacrylat	12 Mon.	751	85	--
11. Graves u. Mitarb. (1975)	Diacrylat	12 Mon.	1078	79,5-23,4	--
12. Burt u. Mitarb. (1965)	Diacrylat	6 Mon.	155	39	--
13. Eden (1975)	Diacrylat	18 Mon.	--	41-92	--
14. Helle (1975)	Diacrylat A	18 Mon.	1526	91,7-76,2	93,5-91,9
15. Helle (1975)	Diacrylat B	12 Mon.	240	59-87,5	(Kariesredukt.)
16. Riethe u. Mitarb. (1975)	Diacrylat A	15 Mon.	50	80	0
17. Riethe u. Mitarb. (1975)	Diacrylat B	15 Mon.	34	64,8	5,5
18. Merill u. Mitarb. (1975)	Diacrylat A	15 Mon.	68	38-54	--
19. Merill u. Mitarb. (1975)	Diacrylat B	15. Mon.	62	10-29	--
20. Alvesalo u. Mitarb. (1975)	Diacrylat	24 Mon.	112	3,7-45	42-53 (Kariesredukt.)
20. Williams u. Mitarb. (1974)	Diacrylat C	15. Mon.	177	68	--

III. Eigene tierexperimentelle Untersuchungen

3.1. Beschreibung der Tierart und des verwendeten Sealers

An Osborne-Mendel-Ratten wurden die Fissuren der Unterkiefermolaren mit einem flüssigen Kunststoff (Kulzer-Estiseal^R) versiegelt. Ziel war es, die kariesprotektiven Eigenschaften des Materials zu untersuchen.

Der Durchbruch der Molaren bei der Osborne-Mendel-Ratte erfolgt nach König (1965) anders als bei Ratten allgemein. Der erste untere Molar bricht zwischen dem 15. und 19. Tag durch, der zweite untere Molar zwischen dem 16. und 22. Tag nach der Geburt. Da die Versuchsdauer sich auf 21 Tage beläuft, kann der 3. Molar nicht mit berücksichtigt werden, da er erst zwischen dem 39. und 45. Tag durch die Schleimhaut stößt. Die Zeitspanne zwischen dem Durchbruch des zweiten und dritten Molaren reicht aber aus, um den Kariesbefall zu beobachten.

Das Versiegelungsmaterial, Kulzer-Estiseal-LC, ist ein relativ niedrig visköser, weißlich eingefärbter Kunststoff. Seine Hauptbestandteile sind zu 32 gew. % pyrogenes SiO_2 mit einer mittleren Teilchengröße von $0,04 \mu\text{m}$ und 66 gew. % multifunktionelle Metacrylsäureester. Es enthält kein flüchtiges Metacrylmetacrylat. Der Versiegeler ist sofort gebrauchsfertig und photopolymerisierbar.

Zum Aushärten benutzt man eine UV-Lampe (Nuva-lite), die von der R.D. Caulk Company York, Pennsylvania USA, hergestellt wird. In der Konsole des Gerätes ist ein Ventilator untergebracht, der die Lampe kühlt. Nach 6 bis 10 Minuten Vorwärmung ist diese gebrauchsfertig. Die Lampe besteht aus einem Filter und Quarzstab. Der Filter verhindert das Austreten von Strahlen, deren Wellenlängen um 340 nm liegen. Somit soll gewährleistet werden, daß es nicht zu Photodermatosen oder phototoxischen Präcancerosen für den Behandler wie für den Patienten kommt.

3.2. Methodik der Versiegelung

90 Osborne-Mendel-Ratten wurden im Alter von 21 Tagen von den Muttertieren getrennt. Man teilte sie, ohne besondere Auswahl, in drei Gruppen zu je 30 Tieren ein, ohne Berücksichtigung des Geschlechts. Eine Gruppe diente als Testgruppe, die zwei anderen als Kontrollgruppen. Bei der Testgruppe wurden die ersten und zweiten Molaren der linken Unterkieferhälfte versiegelt. Dazu erhielten die Ratten eine Narkose, die aus Evipan-Natrium 0,5 bestand, das zu einer Lösung gemischt werden mußte. 0,03 bis 0,04 ml intraperitoneal gespritzt waren in der Regel ausreichend. Die Kieferöffnung konnte mittels eines Kunststoffstops gewährleistet werden, und die Zunge wurde mit einer Moskitoklemme fixiert. Mit den Branchen einer Pinzette konnte die Wange der zu versiegelnden Seite abgehalten werden. Zunächst wurden die

Zähne mit einem Borstenpinsel, Wasser und Bimssteinpulver gereinigt. Die Trocknung geschah mit einem Luftbläser. Die Oberfläche der Zähne wurde nun mit einer auf ein Wattepellet aufgetragenen 35 %igen Phosphorsäure angeätzt. Nach einer Einwirkdauer von ca. 60 Sekunden wurden die Zähne erneut abgespült und sorgfältig gereinigt.

Der fertige UV-empfindliche Versiegeler läßt sich mit einem Pinsel auf die Fissuren applizieren. Die Erhärtung geschieht mit der UV-Lampe, deren Strahlen aus einem Quarzstab kommen, der an seinem glatten Teil um 45° geneigt ist. Nach Vorwärmen der Lampe (10 Minuten) wird der Stab in ca. 2 mm Entfernung auf die zu versiegelnde Fläche gehalten und für ca. 30 Sekunden dort belassen. Die vollständige Aushärtung der Versiegelung wird mit einer Sonde überprüft.

Jedes Tier bekam eine eigene Futterbox. Testgruppe und eine Kontrollgruppe erhielten die Stephan-Kost 580, während die zweite Kontrollgruppe normale Altrorinkost erhielt. Den Tieren gewährte man Wasserzulauf ad libitum.

Das Gewicht der Tiere wurde zu Beginn des Versuches und in siebentägigem Abstand kontrolliert. Eine Überprüfung der Nahrungsaufnahme erfolgte nicht.

Zusammensetzung der Stephan-Kost 580

(Stephan + Harris, 1955)

66 % Rohrzucker
32 % Magermilchpulver
2 % pulverisierte Trockenganzleber

IV. Auswertung der durchgeführten Versuche

4.1. Herstellung der Schliffpräparate

Nach 21-tägiger Versuchsdauer wurden die Tiere geopfert, die Unterkiefer herauspräpariert und zwei Tage lang in gepufferter 10 %iger Formalinlösung fixiert. Somit konnten die weichen Restbestandteile mit einem Skalpell fast mühelos entfernt werden.

Nach der Trocknung wurden mit der Serienschliffmaschine nach Janson vier bis fünf 120 bis 150 μ m dicke Schliffe hergestellt. Nun erfolgte die Färbung mit Schiffschem-Reagenz nach "Graumann" bei einer Eintauchzeit von ca. 5 Sekunden und die Ordnung (buccal = unten, lingual = oben) mit anschließendem Aufbringen auf einen Objektträger und Befestigen der Schliffe mit glasklarem Tesafilm.

4.2. Mikroskopische Untersuchungen

Unter einem Stereomikroskop wurden die 120 - 150 μ dicken Schliffpräparate bei 40-facher Vergrößerung untersucht und ausgewertet.

Während sich gesunder, völlig verkalkter Schmelz und kariesfreies Dentin nicht anfärben lassen, nehmen kariöse Zahnsubstanzen sowie noch nicht vollständig ausgereifter Schmelz einen rötlichen Farbton an. "Die Farbreak-

tion kann wohl teilweise auf Aldehydgruppen organischer Verbindungen zurückgeführt werden, die bei dem kariösen Zerstörungsprozeß frei werden. Da die Färbung jedoch ohne vorherige Formalinfixierung sehr viel schwächer ausfällt, muß man schließen, daß das Formaldehyd, das in entkalktes Dentin gut und in Schmelz relativ schlechter eindringen kann, hauptsächlich für die positive Aldehydreaktion verantwortlich ist."

Die Auswertung der Schliffe wurde durch drei Beobachter hintereinander durchgeführt und nach dem schwersten Befallsbild beurteilt. Die Ergebnisse wurden dann verglichen und bei Unstimmigkeiten gemeinsam diskutiert und objektiviert. Dadurch konnte eine voreingenommene, subjektive Befunderhebung weitgehend ausgeschlossen werden.

Nach König und Marthaler wurden nur der 1. und 2. Molar einer Unterkieferhälfte durchmustert. Fünf Fissuren pro Quadrant (der 1. Molar mit 3 und der 2. Molar mit 2) bildeten das Kontingenz pro Kieferhälfte.

Dolderup und B.C.P. Jansen sahen die Möglichkeit, folgende Anforderungen an eine solche Auswertungsmethode zu stellen:

- a) Mühelose Bestimmung von Anzahl und Ausmaß der Läsionen,
- b) Erkennung von Läsionen im Frühstadium zur besseren Einsicht in die Entwicklung des Kariesprozesses und zur Verkürzung der Experimentzeit,
- c) größere Genauigkeit im Vergleich zu bisher üblichen Methoden,

d) nicht allzu großer Zeitaufwand.

Die kariösen Veränderungen an der Zahnhartsubstanz wurden nach den von König abgewandelten Schweregraden beurteilt. Er verwendete die Läsionsgrade O, A, T, B, C, hier modifiziert als O, A, B, C, D.

Definitionen:

O: Überhaupt keine kariöse Läsion sichtbar.

A: Schmelzläsion, Farbreaktion ist auf den Schmelz beschränkt.
Schmelz-Dentin-Grenze ist nicht gefärbt.

B: Farbreaktion an der Schmelz-Dentin-Grenze (halbmondförmige Ausbreitung), initiale Läsion.

C: Halbmondförmige Ausbreitung entlang der Schmelz-Dentin-Grenze unter Bildung einer spaltförmigen Schrumpfung zwischen intaktem Schmelz und angrenzendem Dentin, mittelschwere Dentinläsion.

D: Okklusalwärts und pulpawärts stark fortgeschrittene Zerstörung mit Abhebung des Schmelzes aus der Fissur und beginnender Kavitation, ausgedehnte Dentinläsion.

Es sei hierzu gleich angemerkt, daß diese festen Definitionen relativ schwer nachzuvollziehen sind, und oftmals geringgradige Überschneidungen der einzelnen Stadien schlecht zu unterscheiden sind. Da aber drei Beobachter tätig waren, kann den Ergebnissen ein relativ genauer Aussagegrad zugemessen werden.

Nach König, Marthaler und Mühlemann (1958) rechtfertigt für fast alle Versuche der wesentlich schwächere Befall im Oberkiefer die Beschränkung auf die Auswertung des Unterkiefers. Eine weitergehende Möglichkeit, neben den Zentralfissuren noch die Approximalflächen zu beobachten, kann insofern verworfen werden, da in der Regel nach so kurzen Versuchszeiten (21 Tage) diese normalerweise hervorragenden Prädilektionsstellen kaum befallen sind.

V. Allgemeine Auswertungen

5.1. Ergebnisse

Die Jungtiergewichte zu Beginn der dreiwöchigen Versuchsdauer ergaben keine einheitlichen Werte. Da nach dieser Zeit verschiedene Gewichtszunahmen innerhalb der einzelnen Gruppen festgestellt wurden, verglichen wir die Mittelwerte der einzelnen Gewichtszunahmen mit einer Varianzanalyse und anschließendem Test nach Scheffé.

Einen nachweisbaren Unterschied erhielten wir für die Gewichtszunahmen zwischen der Testgruppe (Estiseal-LC) und der Altromingruppe ($p = 0,01$) und zwischen der Stephan-Kost-Kontrollgruppe und der Altromingruppe ($p = 0,01$). Die deutliche Gewichtszunahme der Kontrollgruppe II ist wohl auf die Fütterung mit Altromin zurückzuführen.

Der Vergleich der Testgruppe und der Stephan-Kost-Kontrollgruppe ergab lediglich einen auffälligen Unterschied ($p \leq 0,05$).

Stephan-Kost 580 als hochwirksame kariogene Diät führte bei den Versuchstieren, wahrscheinlich resorptions- und stoffwechselbedingt, zu Diarrhoe.

Tabelle 2: Gewicht der Tiere in Gramm
Estiseal-Gruppe

Tiere:	gewogen am:				
	10.3.	17.3.	24.3.	31.3.	
1	36	45	62	76	40
2	43	45	58	76	33
3	38	52	71	89	51
4	32	33	44	66	34
5	42	49	67	78	36
6	33	42	60	72	39
7	36	43	57	74	38
8	37	46	67	81	44
9	38	46	58	71	33
10	44	50	69	86	42
11	37	58	73	84	47
12	43	48	65	81	38
13	44	47	65	78	34
14	46	56	67	82	36
15	42	56	72	88	46
16	43	53	65	78	35
17	40	56	79	84	44
18	38	50	69	86	48
19	40	55	69	85	45
20	35	49	68	81	46
21	30	40	54	65	35
22	49	54	67	85	36
23	36	44	58	72	36
24	35	45	63	75	40
25	46	53	66	86	40
26	36	44	60	70	34
27	30	40	55	72	42
28	37	47	67	81	44
29	38	49	70	82	44
30	38	44	59	78	40
	1162	1439	1924	2362	1200
x	38,73	47,97	64,13	78,73	40
s	4,72	5,73	6,94	6,44	5,02

Tabelle 3: Gewicht der Tiere in Gramm
Kontrollgruppe I

Tiere:	gewogen am:				
	10.3.	17.3.	24.3.	31.3.	
1	40	53	65	82	42
2	37	51	66	80	43
3	42	56	75	94	52
4	38	47	60	70	32
5	37	49	61	80	43
6	37	51	70	86	49
7	42	53	71	96	54
8	39	55	75	80	41
9	39	57	74	92	53
10	35	54	73	89	54
11	45	49	63	71	26
12	31	45	63	78	47
13	22	31	44	60	38
14	18	29	44	53	35
15	36	45	52	58	22
16	43	60	78	96	53
17	36	50	70	86	50
18	43	55	73	95	52
19	37	46	62	86	49
20	39	46	57	74	35
21	42	53	68	84	42
22	28	37	51	67	39
23	39	53	73	88	49
24	39	49	60	82	43
25	39	56	69	84	45
26	48	64	88	110	62
27	34	50	68	82	48
28	32	42	63	80	48
29	28	49	51	70	42
30	33	46	60	75	42
-	1098	1481	1947	2428	1330
x	36,60	49,37	64,90	80,93	44,33
s	6,44	7,55	10,02	12,28	8,64

Tabelle 4: Gewicht der Tiere in Gramm
Kontrollgruppe II

Tiere:	gewogen am:				
	10.3.	17.3.	24.3.	31.3.	
1	31	58	95	133	102
2	37	67	106	144	107
3	38	62	90	112	74
4	38	75	115	130	92
5	43	73	84	119	76
6	45	58	88	118	73
7	31	64	95	120	89
8	34	59	92	120	86
9	37	67	95	130	93
10	33	53	88	115	82
11	33	59	72	95	62
12	34	59	84	114	80
13	34	57	89	112	78
14	38	49	72	96	58
15	32	60	85	110	78
16	36	56	77	98	62
17	30	51	74	95	65
18	34	58	86	110	76
19	25	44	69	88	63
20	34	59	86	110	76
21	32	59	84	108	76
22	30	54	82	123	93
23	29	54	83	115	86
24	35	55	77	110	75
25	33	52	77	111	78
26	33	49	89	120	87
27	33	56	81	118	85
28	33	53	81	115	82
29	23	28	38	45	22
	978	1648	2434	3234	2256
$\bar{x}$	33,72	56,83	83,93	111,52	77,79
s	4,48	8,74	13,23	17,63	15,79

5.2. Statistische Auswertungen (Kariesbefall)

Die Ergebnisse der mikroskopischen Auswertung wurden in eigens hierfür erstellten Tabellen aufgelistet. Links ist für jedes Tier der Läsionsgrad der einzelnen Fissuren (10 Fissuren) aufgeführt, rechts die Häufigkeiten der Kariesstadien, außerdem die Summe der Häufigkeiten und ihre prozentuale Verteilung. Zu der Tabelle 3 sei noch angemerkt, daß wegen der geringen oder kaum vorhandenen Kariesanfälligkeit bei Gabe von Normalkost (Altromin) in Abänderung zu der von König geschriebenen Tabelle das Stadium O (keine Anfärbung, keine Läsion) mit hinzugezogen wurde.

Aus den Tabellen (5 - 7) wird ersichtlich, daß alle Läsionsgrade vertreten sind. Das Stadium O tritt nur bei der Kontrollgruppe II in Erscheinung (271 Fissuren).

Die Häufigkeit des leichtesten Befallgrades A trat bei den behandelten Tieren öfter auf als bei der Kontrollgruppe I. (Beide Gruppen erhielten Stephan-Kost.) Das Stadium B war gleichmäßig auf Testgruppe und Kontrollgruppe I verteilt, während die weit fortgeschrittenen Läsionen C + D in der Kontrollgruppe I und der unbehandelten Kieferhälfte der Testgruppe signifikant höher vertreten waren im Gegensatz zu der behandelten Kieferhälfte der Testgruppe. Diese Beobachtungen können sehr anschaulich in der graphischen Darstellung der Häufigkeiten (Abb. I) nachvollzogen werden.

Tabelle 5: Testgruppe (Estiseal-LC)

Tiere	links versiegelt		Häufigkeiten der Kariesstadien				rechts unversiegelt		Häufigkeiten der Kariesstadien			
	M ₂	M ₁					M ₁	M ₂				
	f e c b a		A	B	C	D	a b c e f		A	B	C	D
1	A B A C A		3	1	1	-	B C A C A		2	1	2	-
2	A C A B B		2	2	1	-	B B A B B		1	4	-	-
3	A A A C B		3	1	1	-	B B A C B		1	3	1	-
4	A C A B A		3	1	1	-	B B A C B		1	3	1	-
5	A B A C B		2	2	1	-	B C A C A		2	1	2	-
6	A B A B C		2	2	1	-	C C A C A		2	-	3	-
7	A B A B A		3	2	-	-	B B A B A		2	3	-	-
8	A B A B A		3	2	-	-	B C B B A		1	3	1	-
9	A B A B B		2	3	-	-	B B C B B		-	4	1	-
10	B B A C B		1	3	1	-	B C B C B		-	3	2	-
11	B B A B B		1	4	-	-	B C B C B		-	3	2	-
12	A B A B B		2	3	-	-	B C A B B		1	3	1	-
13	A B A B B		2	3	-	-	C D A B B		1	2	1	1
14	A B A B B		2	3	-	-	B B A C A		2	2	1	-
15	A B A B A		3	2	-	-	B B A C A		2	2	1	-
16	A C A B B		2	2	1	-	B C B B B		-	4	1	-
17	A C A B B		2	2	1	-	C C A B A		2	1	2	-
18	A B B C B		1	3	1	-	B C A C B		1	2	2	-
19	A B A B B		2	3	-	-	B C A C A		2	1	2	-
20	A B A B B		2	3	-	-	B C A B C		1	2	2	-
21	B B A B A		2	3	-	-	C B A B B		1	3	1	-
22	A C A A B		3	1	1	-	B B A C A		2	2	1	-
23	A B A B A		3	2	-	-	B B A B A		2	3	-	-
24	A B A B A		3	2	-	-	B B A C A		2	2	1	-
25	A B A B B		2	3	-	-	B D A C A		2	1	1	1
26	A B A B A		3	2	-	-	C D A B A		2	1	1	1
27	A B A B A		3	2	-	-	B B A C A		2	2	1	-
28	A C A B A		3	1	1	-	B D A B A		2	2	-	1
29	A B A B A		3	2	-	-	A C A C A		3	-	2	-
30	B B A B A		2	3	-	-	A B A C B		2	2	1	-
Summe			70	68	12	0			44	65	37	4
			46,6%		8,0%				29,3%		24,6%	
			45,3%						43,3%		2,6%	

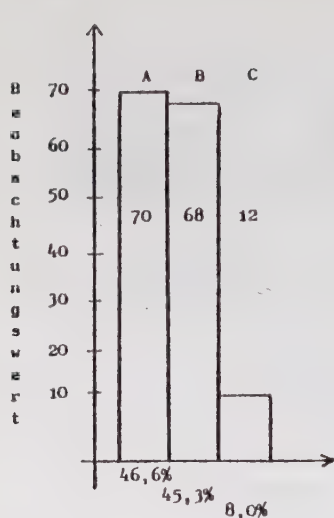
Tabelle 6 : Kontrollgruppe I (Stephan-Kost 580)

Tiere	links unversiegelt		Häufigkeiten der Kariesstadien				rechts unversiegelt		Häufigkeiten der Kariesstadien			
	M ₂	M ₁					M ₁	M ₂				
	f e c b a		A	B	C	D	a b c e f		A	B	C	D
1	B D A C B		1	2	1	1	B C A C A		2	1	2	-
2	B D B C B		-	3	1	1	B C A C B		1	2	2	-
3	B C A C B		1	2	2	-	B B A C A		2	2	1	-
4	A B A B B		2	3	-	-	B C A C B		1	2	2	-
5	B B A B A		2	3	-	-	A B A B B		2	3	-	-
6	C D A C D		1	-	2	2	B C B C B		-	3	2	-
7	B C A B A		2	2	1	-	B B A C B		1	3	1	-
8	A C A B B		2	2	1	-	B C A C B		1	2	2	-
9	B C B B B		-	4	1	-	B B A B B		1	4	-	-
10	A B A B B		2	3	-	-	B C A C A		2	1	2	-
11	B C A B B		1	3	1	-	B C B C A		1	2	2	-
12	B C B D B		-	3	1	1	B C B C B		-	3	2	-
13	B D A B D		1	2	-	2	B D A C B		1	2	1	1
14	A C A B B		2	2	1	-	B B A B A		2	3	-	-
15	A C A C B		2	1	2	-	B C A C B		1	2	2	-
16	A C A C B		2	1	2	-	B C A B A		2	2	1	-
17	B C A C B		1	2	2	-	B B A B B		1	4	-	-
18	B C A C C		1	1	3	-	B C A C B		1	2	2	-
19	B C A C C		1	1	3	-	B C A C A		2	1	2	-
20	A B A B B		2	3	-	-	A B A C B		2	2	1	-
21	B C A C B		1	2	2	-	B C A C B		1	2	2	-
22	B C A C B		1	2	2	-	B C A C A		2	1	2	-
23	A B A C B		2	2	1	-	B C A B A		2	2	1	-
24	B C B C B		-	3	2	-	B D B C B		-	3	1	1
25	A C B C B		1	2	2	-	B B A C B		1	3	1	-
26	B C B C B		-	3	2	-	B B B B A		1	4	-	-
27	A C A C B		2	1	2	-	B B A B A		2	3	-	-
28	A C A C B		2	1	2	-	B C A B A		2	2	1	-
29	A C A C C		2	-	3	-	B C A C A		2	1	2	-
30	A C B C B		1	2	2	-	B C A C A		2	1	2	-
Summe			38	61	44	7			41	68	39	2
			25,3%	40,6%	29,3%	4,6%			27,3%	45,3%	26%	1,3%

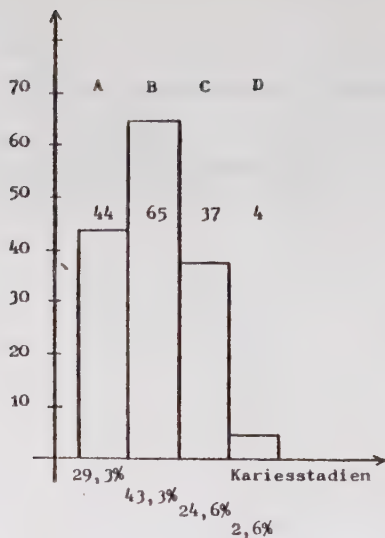
Tabelle 7: Kontrollgruppe II (Altromin)

B, C und D-Stadien entfallen

Tiere	links unversiegelt		Häufigkeiten der Kariesstadien		rechts unversiegelt		Häufigkeiten der Kariesstadien	
	M ₂	M ₁			M ₁	M ₂		
	f e c b a		O	A	a b c e f		O	A
1	O A O O O		4	1	O O O A O		4	1
2	O A O O O		4	1	O O O O O		5	-
3	O O O O O		5	-	O O O O O		5	-
4	O O O O O		5	-	O O O A O		4	1
5	O O O O O		5	-	O O O A O		4	1
6	O O O O O		5	-	O O O O O		5	-
7	O O O O O		5	-	O O O O O		5	-
8	O O O O O		5	-	O O O O O		5	-
9	O O O O O		5	-	O O O O O		5	-
10	O O O O O		5	-	O O O O O		5	-
11	O O O O O		5	-	O O O O O		5	-
12	O A O O O		4	1	O O O O O		5	-
13	O O O O O		5	-	O O O O O		5	-
14	O O O O O		5	-	O O O O O		5	-
15	O O O O O		5	-	O O O O O		5	-
16	O O O O A		4	1	O O O O O		5	-
17	O A O O A		3	2	O O O O O		5	-
18	O A O O O		4	1	O O O O A		4	1
19	O A O O O		4	1	O O O A O		4	1
20	O O O O O		5	-	O O O O O		5	-
21	O A O O O		4	1	O O O A O		4	1
22	O O O O O		5	-	O O O O O		5	-
23	O O O O O		5	-	O O O A O		4	1
24	O O O O O		5	-	O O O O O		5	-
25	O O O O O		5	-	O O O O O		5	-
26	O O O O O		5	-	O O O A O		4	1
27	O O O O O		5	-	O O O O O		5	-
28	O O O O O		5	-	O O O A O		4	1
29	O O O O O		5	-	O O O A O		4	1
Summe			136	9			135	10
			93,8%	6,2%			93,1%	6,9%



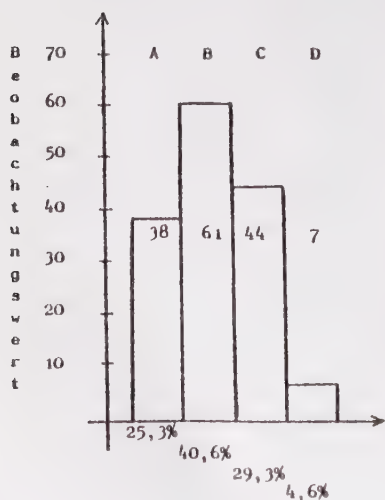
Testgruppe: li. versiegelt



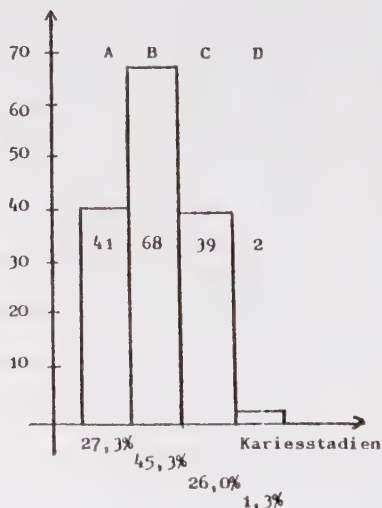
re. unversiegelt

Graphische Darstellung der Häufigkeit des Auftretens der einzelnen Kariesstadien (Testgruppe).

Signifikanter Unterschied der beiden Unterkieferhälften.



Kontrollgruppe I: li. unversiegelt



re. unversiegelt

Graphische Darstellung der Häufigkeit des Auftretens der einzelnen Kariesstadien (Kontrollgruppe I).

Kein signifikanter Unterschied der beiden Unterkieferhälften.

5.3. Kontingenztafeln (s. Tab. 8 - 11)

Um die Frage zu überprüfen, ob die Versiegelung der Rattenzähne einen Einfluß auf das Ausmaß des Kariesbefalls hat, erstellte der Autor Kontingenztafeln, die die Häufigkeiten des Erscheinens der vier Kariesstadien innerhalb der drei Versuchsgruppen wiedergeben. Es wurde jeweils nur eine Kieferhälfte von zwei Gruppe miteinander verglichen. In den einzelnen Spaltenfeldern stellt die linke obere Zahl den Erwartungswert e , die mittlere Zahl die Häufigkeit der Kariesstadien = Beobachtungswert b und die rechte untere Zahl den Anteil des Teil χ^2 (Chi-Quadrat) dar.

Gleich behandelte Gruppen unterschieden sich nicht (s. Tab. 8, S. 50 und Tab. 11, S. 53).

a) Vergleich des Kariesbefalls der beiden Unterkieferhälften der Kontrollgruppe I (li. und re. unversiegelt, Stephan-Kost 580).

Der Kariesbefall zwischen der linken und der rechten Unterkieferhälfte ergab keinen signifikanten Unterschied.

Tabelle 8: (Stadien C + D in der Tabelle zusammengefaßt)

Kariesstadien Kontrollgruppe	A e b χ^2	B a b χ^2	C + D e b χ^2	Zeilensumme
li.: unversiegelt	39,5 38 0,06	64,5 61 0,19	46 51 0,54	150
re.: unversiegelt	39,5 41 0,06	64,5 68 0,19	46 41 0,54	150
Spaltensumme	79	129	92	300

f = 2; berechnet $\chi^2 = 1,58$

tab. p < 5 % = 5,99

- b) Vergleich des Kariesbefalls der beiden Unterkieferhälften der Testgruppe (linke Unterkieferhälfte versiegelt, rechte Hälfte unversiegelt, Stephan-Kost 580).

Der Kariesbefall der linken und rechten Hälfte des Unterkiefers unterscheidet sich signifikant voneinander bei $p < 1\%$. Hier zeigen sich bei der behandelten UK-Hälfte mehr Stadien des A + B-Typs als erwartet, dagegen weniger C + D-Stadien. Deutlich unterschiedlich verhält sich die unbehandelte Unterkieferhälfte, die insgesamt mehr B + C-Stadien als erwartet aufweist.

Tabelle 9: (Stadien C + D in der Tabelle zusammengefaßt)

Kariesstadien	A	B	C + D	
Testgruppe	e	e	e	Zeilensumme
	b	b	b	
	χ^2	χ^2	χ^2	
li.: versiegelt	57 70 2,96	66,5 68 0,03	26,5 12 7,93	150
re.: unversiegelt	57 44 2,96	66,5 65 0,03	26,5 41 7,93	150
Spaltensumme	114	133	53	300

$f = 2$; berechnet $\chi^2 = 21,87$
 tab. $p < 1\% = 9,21$

c) Vergleich des Kariesbefalls der linken Unterkieferhälfte der Kontrollgruppe I (unversiegelt, Stephan-Kost 580) und der linken Unterkieferhälfte der Testgruppe (versiegelt, Stephan-Kost 580).

Auch hier ist der Kariesbefall deutlich erhöht bei $p < 1\%$.

Es treten in der Testgruppe mehr Stadien des A + B-Typs auf als in der Kontrollgruppe I.

Tabelle 10: (Stadien C + D in der Tabelle zusammengefaßt)

Kariesstadien Kontrollgruppe	A e b χ^2	B e b χ^2	C + D e b χ^2	Zeilensumme
li.: unversiegelt	54 38 4,74	64,5 61 0,19	31,5 51 12,07	150
li.: versiegelt (Testgruppe)	54 70 4,74	64,5 68 0,19	31,5 12 12,07	150
Spaltensumme	108	129	63	300

$f = 2$; berechnet $\chi^2 = 34,0$

tab. $< 1\% = 9,21$

- d) Vergleich des Kariesbefalls der rechten Kieferhälfte der Kontrollgruppe I (unversiegelt, Stephan-Kost 580) und der rechten Kieferhälfte der Testgruppe (unversiegelt, Stepahn-Kost 580).

Ein signifikanter Unterschied ist hier, wie zu erwarten, nicht objektivierbar.

Tabelle 11: (Stadien C + D in der Tabelle zusammengefaßt)

Kariesstadien	A	B	C + D	
Kontrollgruppe I	e b χ^2	e b χ^2	e b χ^2	Zeilensumme
re.:	42,5	66,5	41	
unversiegelt	41 0,05	68 0,03	41 0	150
Testgruppe	42,5	66,5	41	
re.:	44	65	41	
unversiegelt	0,05	0,03	0	150
Spaltensumme	85	133	82	300

$f = 2$; berechnet $\chi^2 = 0,17$

tab. $< 5\% = 5,99$

e) Vergleich des Kariesbefalls der linken Kieferhälfte der Kontrollgruppe II (unversiegelt, Altromin-Kost) und der linken Kieferhälfte der Versuchsgruppe (versiegelt, Stephan-Kost 580)

Da in der Kontrollgruppe II keine B-, C- und D-Stadien auftraten, und somit keine Aussage über deren Häufigkeit gemacht werden kann, beschränkte sich die Auswertung auf die O- und A-Stadien. Obwohl in der Kontrollgruppe II (linke Kieferhälfte) 136 Fissuren diagnostiziert wurden, die keine besonderen Befund aufwiesen, bestand ein eindeutiger Unterschied zum Nachteil der Testgruppe. Das ist aber auch nicht sehr verwunderlich, da diese im Gegensatz zur Kontrollgruppe hochkariogene Stephan-Kost 580 verabreicht bekam.

Ein Test erübrigt sich, da in der AltrominGruppe von 290 Fissuren 271 das Stadium O zeigten und 19 das Stadium A.

VL Diskussion

Aus den statistischen Auswertungen lassen sich folgende Ergebnisse ableiten:

Grundsätzlich geht aus der Studie hervor, wie auch aus der graphischen Darstellung ersichtlich, daß der Kariesbefall, genauer gesagt, der Grad der Zerstörung, durch das Versiegelungsmaterial positiv beeinflusst, also vermindert wird. Als Beweis möge der Vergleich der beiden Unterkieferhälften der Versuchsgruppe dienen, von denen die linke versiegelt und die rechte unbehandelt belassen wurde.

Obwohl die Kau- und Abrasionskräfte bei Nagern enorm hoch sind, verblieben geringe Mengen des Versiegelungsmaterials in jeder Fissur. Daß es trotzdem zu kariogenen Prozessen in der Tiefe der Fissur kam, kann dadurch erklärt werden, daß in spalt- und ampullenförmige Fissuren das Material trotz seiner geringen Viskosität nicht hundertprozentig eindringen konnte. Demzufolge entstanden Hohlräume unter der Versiegelungsschicht, in welchen die vorher mit Sicherheit vorhandenen anaeroben Bakterien karlogene Prozesse induzierten (s. Abb. Nr. 4). Weiterhin könnten durch die wegen der Quellung des Materials und Abrasion bedingten Randspalte neue Noxen hinzutreten.

Der Vergleich der versiegelten Zahnreihe der Testgruppe mit der entspre-

chenden, unversiegelten der Kontrollgruppe zeigt ein signifikantes Ergebnis; die behandelte Unterkieferhälfte weist wesentlich mehr Kariesstadien des A- und B-Typs auf als die unbehandelte, bei der die Stadien B, C und D überwiegen. Stellt man jedoch diese Gruppen der Kontrollgruppe II gegenüber, die normale Altramin-Kost erhielt, so fällt auf, daß der karieshemmende Effekt nicht so deutlich ausfällt. Die aus Versuchszwecken verwandte Stephan-Kost 580 zeichnet sich durch hohe Kariesaktivität, bedingt durch den enormen Kohlehydratanteil, aus.

Es wäre wohl vermessen, Vergleiche mit der Normalkost des Menschen zu ziehen. Eine Anmerkung sei jedoch erlaubt. Bei der heutigen Einstellung der Bevölkerung zur Mundhygiene, allgemeiner formuliert zur Prophylaxe (die Fissuren-Versiegelung ist ja auch ein Teil der Vorsorge), wird es kaum möglich sein, dieses simple, aber doch so komplizierte Verfahren mit all seinen Schwierigkeiten repräsentativ zu manifestieren. Sicherlich sprechen auch volkswirtschaftliche Gründe (zu hoher Preis bei zu geringer Effektivität) eine Rolle.

Untermauert wird diese These auch durch den Vergleich der unbehandelten Reihe der Testgruppe und der rechten Unterkieferhälfte der Kontrollgruppe I. Ein signifikanter Unterschied war nicht objektivierbar. Viel entscheidender dürfte die Tatsache sein, daß der Versiegelungsvorgang die allgemein karies-

bedingenden Einflüsse, wie z.B. Aufnahme der extrem kariogenen Kost oder beim Menschen die geringe Mundhygiene, in der Mundhöhle nicht verändert haben kann.

Erwähnenswert ist noch die Tatsache, daß die Zähne, wo kein Versiegelungsmaterial mehr vorlag, nicht stärker geschädigt waren als die auf der unbehandelten Vergleichsseite.

Die von Richard J. Simonsen (1977 - 1978) durchgeführten Untersuchungen mit 3-M-White Sealant ergaben eine Kariesreduktion von 100 % nach 12 - 24 Monaten. Man sollte einmal Überlegungen anstellen bezüglich der statistischen Auswertungen, ob nicht inadäquate Methoden angewandt wurden, um aus vielleicht marktpolitischen Gründen solche hohe Kariesreduktionsraten zu erreichen. Gewiß soll dieses dem Autor nicht unterstellt werden.

Bei einem solch hohen Aufwand jedoch, der von ihm betrieben wurde, muß man sich fragen, ob die unzureichende Motivation und die geringschätzige Einstellung der Bevölkerung der Bundesrepublik gegenüber der Zahnheilkunde so etwas auch aus volkswirtschaftlichen Gründen rechtfertigt.

Sicherlich kann man seine Studie nicht mit der vorliegenden vergleichen. Bei dem durchgeführten Experiment an Rattenmolaren wurde eine solch hohe Kariesreduktion nicht erreicht. Dieses Ergebnis kann nicht dem Ver-

siegelungsmaterial angelastet werden, sondern muß wohl eher auf die schlechten anatomisch-topographischen Versuchsbedingungen zurückgeführt werden. Man beachte, daß die Applikation des Versiegelungsmaterials bei einer 21 ± 1 Tage alten Ratte mehr Schwierigkeiten bereiten dürfte (geringe Maulöffnung, Kronenlänge ca. 2 mm, diffizile Trockenlegung) als bei einem Kind, obwohl, wie aus den vorangegangenen Ausführungen hervorgeht, auch dort immense Probleme auftauchen.

Den größten Einfluß dürfte aber die Abrasion der Rattenzähne auf die Kariesreduktion haben. Die durch das Mahlen entstandenen Kaudrücke setzen die Haftung des Materials am Zahnschmelz stark herab. Abzugrenzen hiervon sei noch die Betrachtung der Tiefe der Fissur und der Höckerabhänge. Durch die physiologische Kauarbeit werden der Höckerabhänge stärker belastet, was zur Folge hat, daß die Versiegelungsschicht abplatzt. Das wiederum führt zu Mikropaltbildung, wenn sich das Material sogar nicht ganz abhobelt. Somit ist eine erneute Eintrittspforte für Mikro-Organismen geschaffen.

Simonsen empfiehlt nun, erneut anzuätzen und wieder zu versiegeln. Vorher muß aber die Oberfläche angeraut werden, womit wieder der Zahnschmelz geschädigt wird.

Wir sind aufgrund der Problematik der Fissurenversiegelung der Ansicht,

daß eine Amalgam-Füllung im Sinne von Black mit den jetzigen, hervorragenden "Non-Y-two Amalgamen" auf Dauer den Zahn weniger schädigt und sicherlich volkswirtschaftlich sehr viel relevanter ist, ganz abgesehen davon, daß weder Versiegler noch Composites die Norm für Black-2-Kavitäten bezogen auf die Abrasions- und Kantenfestigkeit erfüllen. Außerdem behandeln sämtliche Veröffentlichungen nur die "okklusale Kavität" ohne Berücksichtigung der Approximalkaries. "Menges" berichtete aber, daß bei gut erhaltener okklusaler Versiegelungsschicht die behandelten Zähne ausnahmslos von approximal kariös unterminiert wurden. In diesem Bereich sind nach unserer Auffassung sämtliche Verfahren auf Versiegelerbasis kontraindiziert.

Vergleichend sei hier noch auf die Ausführungen von F. Lampert, R.K. Loew, W. Ketterl und W. Ehrenberg-Kiekebusch hingewiesen. Sie erzielten bei gleicher Versuchsanordnung und Durchführung identische Ergebnisse. Interessant scheint jedoch die Tatsache, daß offensichtlich die mechanischen Eigenschaften der Materialien nicht wesentlich verändert wurden, da das vorliegende Experiment, durchgeführt mit gefülltem Versiegeler, keine besseren Ergebnisse geliefert hat. Lampert und Mitarbeiter experimentierten damals mit ungefüllten Werkstoffen.

Vernünftig betrachtet, dürfte wohl auch in naher Zukunft die Amalgam-Füllung der Versiegelung in jeder Beziehung überlegen sein.

VII. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit untersucht die kariesprotektive Wirkung des Versiegelungsmaterials Estiseal^R. Der flüssige Kunststoff wurde auf die Fissuren der linken Unterkieferhälfte der Rattenmolaren M_1 und M_2 aufgebracht. Die Aushärtung geschah mit einer UV-Lichtquelle.

Nach 3-wöchiger Versuchsdauer kristallisierte sich folgendes Ergebnis gegenüber zwei Kontrollgruppen heraus:

Es wurde jeweils eine Kieferhälfte der verschiedenen Gruppen miteinander verglichen.

In der Kontrollgruppe I (linke und rechte Kieferhälfte mit jeweils 150 Fissuren) traten links 38 A-Stadien (25,3 %), 61 B-Stadien (40,6 %), 44 C-Stadien (29,3 %) und 7 D-Stadien (4,6 %) sowie rechts 41 A-Stadien (27,3 %), 68 B-Stadien (45,3 %), 39 C-Stadien (26 %) und 2 D-Stadien (1,3 %) auf.

Bei der Testgruppe fanden sich auf der linken, behandelten Unterkieferseite (150 Fissuren) 70 A-Stadien (46,6%), 68 B-Stadien (45,3 %), 12 C-Stadien (8,0 %) und kein D-Stadium sowie bei der rechten, unbehandelten Unterkieferhälfte 44 A-Stadien (29,3 %), 65 B-Stadien (43,3 %), 37 C-Stadien (24,6 %) und 4 D-Stadien (2,6 %). Die Prozentangaben beziehen sich auf die Abbildung I auf Seite 48.

Die karieshemmende Wirkung fällt zwar unbestritten auf. Deutlich wird aber, daß allgemein kariesfördernde Faktoren, wie z.B. schlechte Mundhygiene, Morphologie der Zähne, ausgewogene Nahrung und sorgfältiges Recall-System die entscheidenden, beeinflussenden Faktoren bei der Prophylaxe in der zahnärztlichen Praxis sind.

VIII. Literaturübersicht

1. AST, D.B., B. BUSHEL and H.C. CHASE:
A clinical study of caries prophylaxis with zinc chloride and potassium ferrocyanide.
J. Amer. dent. Ass. 41, 437 - 476 (1950)
2. BLACK, G.V.:
Dental Caries and its Relations.
Arch. Dentistry St. Louis 2, 99 - 104 (1885)
3. BLAHAVAN, J.:
Erfahrungen mit einem neuen Zahnschutzlack.
Zahnärztl. Praxis 23, 163 (1972)
4. BOEDECKER, C.F.:
Dental caries immunisation without filling.
N.Y.J. Dent. 30, 337 - 358 (1964)
5. BOWEN, R.L.:
Adhesive bonding of various materials to hard tooth tissues I-V.
J. dent. Res. 44, 690 (I), 895 (II), 903 (III), 906 (IV), 1369 (V) (1965)
6. BUONOCORE, M.G.:
A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces.
J. dent. Res. 34, 849 - 855 (1955)
7. BUONOCORE, M.G.:
Principles of Adhesive Retention and Adhesive Restorative Materials.
J. Amer. dent. Ass. 67, 382 - 391 (1963)
8. BUONOCORE, M.G., A. MATSUI and A.J. GWINNETT:
Penetration of resin dental materials into enamel surfaces with reference to bonding.
Arch. oral Biol. 13, 61 - 83 (1968)
9. BUONOCORE, M.G.:
Adhesive sealing of pits and fissures for caries prevention with use of ultraviolet light.
J. Amer. dent. Ass. 80, 324 - 328 (1970)
10. BUONOCORE, M.G.:
Caries prevention in pits and fissures sealed with an adhesive resin polymerized by ultraviolet light: two-year-study of a single adhesive application.
J. Amer. dent. Ass. 82, 1090 - 1106 (1972)

11. BUONOCORE, M.G.:
Adhesives in the prevention of caries.
J. Amer. dent. Ass. 87, 1000 - 1010 (1973)
12. BURT, B.A., D.S. BERMAN, St. GELBIER and L.M. SILVERSTONE:
Retention of a fissure sealant six months after application.
Brit. dent. J. 138, 98 - 111 (1975)
13. BÜTTNER:
Die Versiegelung.
Dtsch. zahnärztl. Z. 34, 70 (1979)
14. CASTAGNOLA, L., J. WIRTZ und R. GARBEROGLIO:
Die Schmelzätzung für die konservierende Zahnheilkunde.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 85, 975 - 1011 (1975)
15. CASTAGNOLA, L. und GARBERROGLIO, R.:
Heutiger Stand und Zukunftsaussichten der plastischen Füllungsmaterialien.
Quintessenz 7, 7 - 14 (1972)
16. Council on Dental Materials and Devices:
Pit and Fissure Sealants.
J. Amer. dent. Ass. 92, 134 (1976)
17. CUETO, E.I. and M.G. BUONOCORE:
Adhesive sealing of pits an fissures for caries prevention.
JADR Abst. Int. Ass. dent. Res. 42
General Meeting Toronto July (1965)
18. CUETO, E.I. an M.G. BUONOCORE:
Adhesive sealing of pits and fissures for caries prevention.
JADR 43rd Meeting Abstr. Nr. 400 (1965)
19. CUETO, E.I. und M.G. BUONOCORE:
Sealing of pits an fissures with an ahesive resin:
its use in caries prevention.
J. Amer. dent. Ass. 75, 121 - 134 (1967)
20. Mc. CUNE, R.J.:
Effectiveness of a Pit and Fissure Sealant in the prevention of Caries.
Three Year Clinical Results.
J. Amer. dent. Ass. 99, 619 - 623 (1979)
21. D.G.Z.M.K.:
Amalgam und Composite, der heutige Stand.
Zahnärztl. M. 70, 2, 87 (1980)

22. DRUM, W.:
Die Schliffpunkt-Füllung.
Dtsch. zahnärztl. Z. 9, 859 (1954)
23. EDEN, G.T.:
Pit and fissure sealants in naval personnel: two year results.
J D R E A F 54 Abstr. Nr. 180 (1975)
24. EL-KAFRAWY, A.H. and MITSCHHELL, D.F. (Indianapolis):
Effect of Fissure Sealants on the Prevention and Progress of Caries in Rats.
J. dent. Res. 54, 421 (1975)
25. GABRIEL, E. und H.G. KLINGER:
Untersuchungen zur Grobstruktur geätzter Schmelzoberflächen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 31, 817 - 818 (1976)
26. GRAUMANN, W.Z.:
Histochemische Methoden.
Wiss. Mikrosk. 61, 225 - 234 (1953)
27. GRON, P.:
Remineralization of Enamel Lesions in vivo.
Oral sci. rev. 17, 84 - 99 (1973)
28. GUSTAFSSON, G.E. u.a.:
The Vipeholm dental caries study.
The effect of Different levels of carbohydrate intake on caries activity
In 436 individuals observed for five years.
Acta odont. scand. 11, 232 (1954)
29. GWINNETT, A.J. and A. MATSUI:
A study of enamel adhesives. The physical relationship between enamel
and adhesive.
Arch. oral Biol. 12, 1615 - 1630 (1967)
30. GWINNETT, A.J. and M.G. BUONOCORE:
Adhesives and caries prevention. A preliminary report.
Brit. dent. J. 119, 77 - 80 (1965)
31. GWINNETT, A.J.:
Caries prevention through sealing of pits and fissures.
J. Canad. dent. Ass. 37, 458 - 466 (1971)
32. GWINNETT, A.J.:
Histologic changes in human enamel following treatment with acidic
adhesive conditioning agents.
Arch. oral Biol. 16, 731 - 738 (1971)

33. GWINNETT, A.J. and A. MATSUI:
A study of enamel adhesives. The physical relation between enamel adhesive.
Arch. oral Biol. 16, 1615 - 1620 (1971)
34. GWINNETT, A.J.:
Morphology of the interface between adhesive resins and treated enamel
surfaces as seen by SEM.
Arch. oral Biol. 16, 237 - 238 (1971)
35. GWINNETT, A.J. and M.G. BUONOCORE:
A scanning electron microscope study of pits and fissure surfaces conditioned
for adhesive sealing.
Arch. oral Biol. 17, 415 - 433 (1972)
36. GWINNETT, A.J.:
Human prismless enamel and its influence on sealant penetration.
Arch. oral Biol. 18, 441 - 444 (1973)
37. GWINNETT A.J. and L.W. RIPA:
The penetration of pit and fissure sealants in conditioned enamel in vivo.
Arch. oral Biol. 18, 435 - 456 (1973)
38. GÜLZOW, J. und JELLINGHAUS, F.:
Kariesprophylaxe durch lokale Applikation von Fluorid als Lösung, Lack
oder Gel.
Dtsch. zahnärztl. Z. 28, 592- 597 (1973)
39. HENSER, H. und SCHMIDT, H.F.M.:
Die Wirkung des Kariesprophylakticums Fluorlack im Tierversuch mit
Albinoratten.
Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilk. 47, 133 (1966)
40. HINDING, J.H. und M.G. BUONOCORE:
The effects of varying the application protocol on the retention of pit
and fissure sealant: a two-year-clinical-study.
J. Amer. dent. Ass. 89, 127 - 131 (1974)
41. HOROVITZ, H.S. u.a.:
Retention and Effectiveness of a Single Application of an Adhesive
Sealant in Preventing Occlusal Caries, Final Report after 5 years of a
Study in Kalispell, Montana
J. Amer. dent. Ass. 95, 1133 - 1139 (1977)
42. HOTZ, P. (Bern):
Der Einfluß von Fluoriden auf die Haftung von Versiegelnern auf ange-
ätztem Schmelz.
SSO 85, 1030 - 1038 (1975)

43. HOTZ, P.:
Die Adhäsiv-Versiegelung.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 82, 12 - 24 (1972)
44. KANEKO, T.:
Kariesprophylaxe durch Versiegelung von Zahnfissuren.
Dtsch. Zahnärztebl. 25, 345 (1971)
45. KÖNIG, K.G.:
Progress of Caries in Fissures of Rat Molars treated with occlusal Sealants.
J. Amer. dent. Ass. 82, 121 - 126 (1974)
46. KÖNIG, K.G.:
Möglichkeiten der Kariesprophylaxe beim Menschen und ihre Untersuchung
im kurzfristigen Rattenexperiment.
Bern und Stuttgart (1966)
47. LAMPERT, F., R. LOEW, W. KETTERL und W. EHRENBURG-KIECKEBUSCH:
Der Einfluß des Conditioner beim Caulk-Nuva-Seal auf die Zahnhartsubstanz
Im Kariesstandardversuch mit Osborne-Mendel-Ratten.
Dtsch. zahnärztl. Z. 29, 411 - 414 (1974)
48. LAMPERT, F.:
Die Adhäsiv-Technik in der Zahnerhaltungskunde. (Klinische und experimentelle
Untersuchungen zu dem Problem der Schmelzoberflächenverankerung
von Füllungsmaterialien.)
Habilitationsschrift (1978)
49. LEE, H.L., R.W. PHILLIPS and M.L. SWARTZ:
The influence of phosphoric acid etching on retention of acrylic resin to
bovine enamel.
J. Amer. dent. Ass. 82, 138 - 157 (1971)
50. LEE, H.L., A.L. CUPPLES, R.J. SCHUBERT and M.L. SWARTZ:
An Adhesive Dental Restorative Material.
J. dent. Res. 50, 125 - 132 (1971)
51. LEE, H.L. and M.L. SWARTZ:
Sealing of developmental pits and fissures. IV.
J. dent. Res. 51, 634 - 639 (1972)
52. LUOM, H., J. MEURMAN, H. HEIKKILÄ and S. HELMINEN:
Retention of a fissure sealant with caries reduction in Finnish children
after six months.
Scand. J. dent. Res. 81, 510 - 518 (1973)
53. LUTZ, F.:
Die adhäsive Restauration.
Zahnärztl. Praxis 26, 51 - 53 (1975)

54. LUTZ, F., B. LÜSCHER, H. OCHSENBEIN und H.R. MÜHLEMANN:
Die adhäsive Restauration. S. 5 - 11
Ivris Druck u. Verlag Zürich (1976)
55. MENGES, Jochen:
Vergleichende klinische Untersuchungen über das Versiegelungsmaterial
Nuva Seal mit Fluorzusatz.
Dissertation, Mainz (1976)
56. MERRILL, S.A., K.F. LEINFELDER, T.R. OLENBURG and D.F. TAYLOR:
Methods of evaluating pit and fissure sealants.
J. dent. Child. 42, 123 - 127 (1975)
57. MURRAY, J.J. and WILLIAMS, F. (London):
Carie dentaire et matériaux de obturation des fissures (revue de synthèse).
L'information dent. 58, 35 - 45 (1976)
58. MYERS, C.L., ROSSI, F. and CARTZ, L.:
Adhesive Taglike Extensions into Acid etched Tooth Enamel.
J. dent. Res. 52, 435 - 441 (1974)
59. NEWSELY, H.:
Zur Noxe durch den Ätzzvorgang mit Säuren bei der Schmelzversiegelung.
Dtsch. zahnärztl. Z. 30, 508 - 512 (1975)
60. NIVER, F.D. and STEFANOVICH, V.:
Fluoride Content of the Cementing of Rat Molars after Ingestion of
fluoridated Water.
J. dent. Res. 50, 162, 1 (1974)
61. PARKHOUSE, R.C. and G.B. WINTER:
A Fissure Sealant Containing Methyl-2-cyanoacrylate as a caries preventive
Agents.
Brit. dent. J. 130, 16 - 19 (1971)
62. PARKINS, F.M.:
Fluoride Concentration in the Saliva after Chewing Fluoride Tablets.
J. dent. Res. 50, 515, 2 (1971)
63. PILZ, W.:
Die Adhäsivversiegelung der Fissuren und Grübchen zur Kariesprävention.
Stomat. DDR 25, 239 - 255 (1975)
64. PILZ, W.:
Prinzip und Probleme der Fissurenversiegelung.
Quintessenz 5, 47 - 49 (1972)

65. PLATHNER, Ch. and H.J. BUCHMANN:
Erfahrungen mit der von W. Drum vorgeschlagenen Methode der Schliff-
Punkt-Füllung.
Dtsch. zahnärztl. Z. 13, 1460 - 1464 (1958)

66. REINHARDT, K.J. und VAHL, J.:
Aushärtung photopolymerisierbarer Versiegelungsmaterialien in verschieden
tiefen Schmelzzonen (in vitro).
Quintessenz 8, 105 - 107 (1979)

67. REITHMANN, J.:
Kunststoffversiegelung der Fissuren an Molaren bei Osborne-Mendel-Ratten
(Caulk-Nuva-Seal).
med. Dissertation, Mainz (1972)

68. RETIEF, D.H.:
Effect of conditioning the enamel surface with phosphoric acid.
J. dent. Res. 52, 333 - 343 (1973)

69. RETIEF, D.H.:
A comparative study of three etching solutions.
J. oral Rehab. 1, 381 - 386 (1974)

70. RICHARDSON, B.A., D.C. SMITH and J.A. HORGREAVES:
Use of fissure sealants as a caries preventive measure in mentally retarded
children.
J D R E A F 53, Abstr. Nr. 791 (1974)

71. RIETHE, P. und F. MAUPAI:
Klinische Untersuchungen mit den Fissurenversiegeln vom BIS-GMA-Typ.
Dtsch. zahnärztl. Z. 30, 502 - 507 (1975)

72. RIETHE, P.:
Klinische Untersuchungen mit Nuva-Seal, Epoxylite 9070 und Fluor Protector.
Dtsch. zahnärztl. Z. 32, 853 - 855 (1972)

73. RIPA, L.W., M.G. BUONOCORE and E.I. CUETO:
Adhesive sealing of pits and fissures for caries prevention.
Report of a two-year-study.
I A D R Abstr. 247. Int. Ass. dent. Res. 44.
General Meeting Miami Beach, March 1969

74. RIPA, L.W.:
Occlusal Sealing. Rationale of the Technique and Historical Review.
J. Amer. soc. prev. dent. 32, 32 - 46 (1973)

75. ROBERTS, J.C., POWERS, J.M. and CRAIG, R.:
Wear of Commercial Pit and Fissure Sealants.
J. dent. Res. 56, 692, 6 (1977)
76. ROCK, W.P. (Birmingham):
Fissure Sealants: Results obtained with two different BIS-GMA Type Sealants
after one Year.
Brit. dent. J. 134, 193 - 196 (1973)
77. ROYDHOUSE, R.H. and RICHARDSEN, A.S.:
Der derzeitige Stand der Fissurenversiegelung.
Quintessenz 12, 43 - 44 (1973)
78. SHEYKHOLESLAM, Z. and M.G. BUONOCORE:
Bonding of resin to phosphoric acid etched enamel surface of permanent and
deciduous teeth.
J. dent. Res. 51, 1572 - 1584 (1972)
79. SILVERSTONE, L.M.:
Fissure Sealants.
Caries Res. 8, 2 - 36 (1974)
80. SILVERSTONE, L.M.:
Fissurenversiegelung oder Amalgam?
Quintessenz 3, 35 (1978)
81. SIMONSEN, R.J.:
Präventive Kunststofffüllungen.
Quintessenz 7, 99 und 8, 95 (1978)
82. SIMONSEN, R.J.:
Haltbarkeit gefärbter Sealer drei Monate nach Applikation.
Quintessenz 5, 139 (1978)
83. SIMONSEN, R.J.:
Grübchen und Fissurenversiegelung: Klinische Technik und Untersuchungs-
ergebnisse.
Quintessenz 6, 41 und 7, 25 (1980)
84. STAMM:
Kritische Anmerkungen zur Fissurenversiegelung.
Quintessenz 6, 45 - 46 (1974)
85. SWARTZ, M.C.:
Addition of Fluoride to Pit and Fissure Sealants, a feasibility Study.
J. dent. Res. 55, 757 - 771, 5 (1974)

86. TAKEUCHI, M. und KIZO, T.:
Sealing of the Pit and Fissure with Resin Adhesive.
I and II Bull. Tokio dent. Coll. 7, 50 - 60 (1966)
87. TAKEUCHI, M.:
Sealing of the pit and fissure with resin adhesive
III. Outlines of its progress to the present time.
Jap. dent. J. 4, 33 - 38 (1967)
88. TRIADAN, H.:
Die erweiterte Fissurenversiegelung.
Zahnärztl. Praxis 11, 498 - 500 (1979)
89. ULVESTAD, H.:
Results with Nuva-Seal pit and fissure sealant.
Norsk. Tannl. For. Tid. 83, 129 - 134 (1973)
90. VAHL, J. und WOSIEWITZ, U.:
Feinreliefstudien konditionierter Schmelzflächen und ihrer adhäsiv Matrizen
bei der Zahnschmelzversiegelung.
Dtsch. zahnärztl. Z. 31, 35 - 46 (1976)
91. VAHL, J. und WOSIEWITZ, U.:
Zahnschmelzversiegelung durch photopolymerisierbare Adhäsive unter
Anwendung einer Laserlichtquelle.
Dtsch. zahnärztl. Z. 31, 835 - 839 (1976)
92. WANDELT, S.:
Kariesprophylaxe durch Versiegelung der Zahnoberfläche.
Zahnärztl. Welt, Rundschau 85, 2, 63 - 66 (1976)

Bild 1: Reste der Versiegelungsschicht, VG. I



Bild 2: Kariesstadium D, VG. II



Bild 3: Kariesstadium C, VG. I

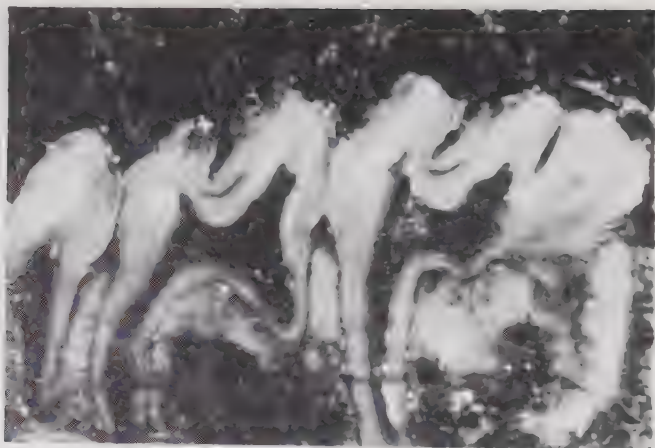


Bild 4: Kariesstadium B, VG. II

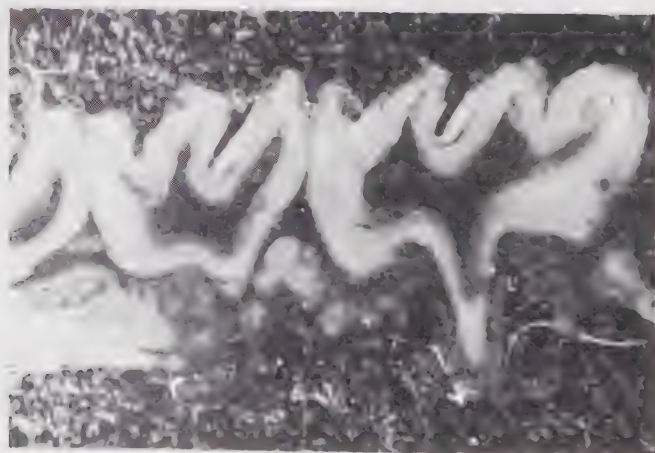


Bild 5: Kariesstadium A + C, VG. I

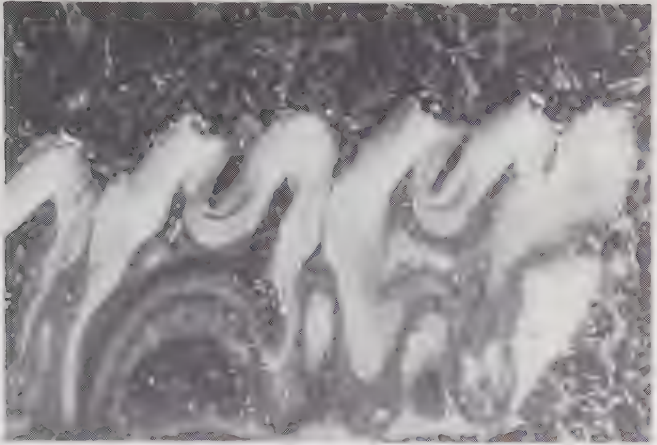
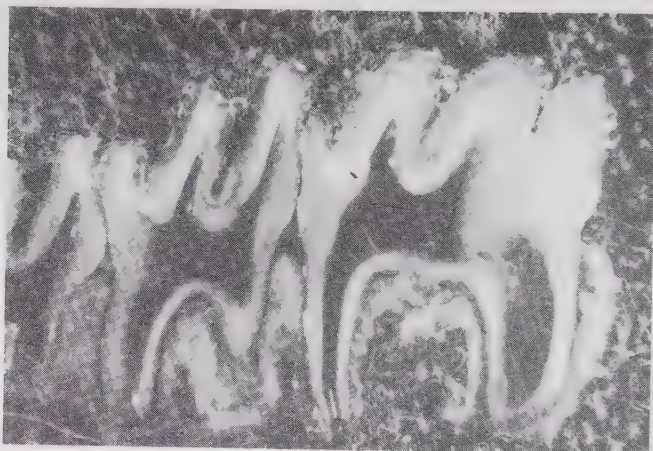


Bild 6: Kariesstadium D + E, VG. III



Bild 7: Kariesstadium A + B, VG. I



A N H A N G

Herrn Professor Dr. Lampert möchte ich für die Überlassung des Themas und seine freundliche Unterstützung bei der Fertigstellung der Arbeit herzlichst danken.

Herrn Bücker vom Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz danke ich für die rechnerische Hilfe bei der statistischen Auswertung.

Für die Aufzucht, Pflege und Observation der Tiere sowie die Herstellung der Serienschliffe danke ich Herrn Gerbracht und Herrn Pfeiffer.

Lebenslauf

Zur Person:	Ludwigs, Hans-Jörg geboren am 21. September 1957 in Bremerhaven ledig eine Schwester
Eltern:	Dr. Hans-Georg Ludwigs, Zahnarzt Hilde Ludwigs, geb. Schwering
Schulbildung:	1963 - 1967 Pestalozzi-Grundschule 1967 - 1970 Theodor-Storm-Schule (Gymnasium) 1970 - 1973 Geschwister-Scholl-Schule (Gymnasium) 1973 - 1975 Pestalozzi-Oberschule II (Gymnasium) 1975 - 1976 Schulzentrum II (Gymnasium) Ostern 1976 Reifeprüfung
Studium:	WS 1976 bis SS 1981 an der Johannes-Gutenberg- Universität Mainz WS 1978 zahnärztliche Vorprüfung voraussichtlich Weihnachten 1981 zahnärztliche Prüfung

